Breno Arsioli Moura

A FILOSOFIA NATURAL DE BENJAMIN FRANKLIN

TRADUÇÕES DE CARTAS E ENSAIOS SOBRE A ELETRICIDADE E A LUZ

Editora UFABC

Breno Arsioli Moura

A Filosofia Natural de Benjamin Franklin

Traduções de cartas e ensaios sobre a eletricidade e a luz

Breno Arsioli Moura

A Filosofia Natural de Benjamin Franklin

Traduções de cartas e ensaios sobre a eletricidade e a luz

Santo André
2019

Revisão e Normatização do Texto

M&W Comunicação Integrada

Projeto Gráfico, Diagramação e Capa

Paolo Malorgio Studio

Impressão

RB Digital

M929f

Moura, Breno Arsioli

A filosofia natural de Benjamin Franklin : traduções de cartas e ensaios sobre a eletricidade e a luz / Breno Arsioli Moura — Santo André, SP : EdUFABC, 2019.

viii, 160 p. : il.

ISBN: 978-85-68576-90-8

1. História da Ciência. 2. Franklin, Benjamin, 1706-1790. 3. Eletricidade - História. 4. Luz - História. 5. Epistolografia. I. Título.

CDD 22 ed. – 509.2

EDITORA ASSOCIADA

Agradecimentos

A elaboração desse livro contou com o apoio de diversas pessoas e instituições. Agradeço, em primeiro lugar, às duas agências de fomento que tornaram possíveis as pesquisas que originaram esse trabalho, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp, processos nº 2014/04366-2 e 2014/08359-0) e o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, processo nº 400118/2016-5). O investimento concedido foi fundamental para a compreensão do contexto em que Franklin produziu sua filosofia natural, proporcionando, por exemplo, o estudo de fontes primárias e secundárias acessíveis apenas nos Estados Unidos.

Agradeço aos amigos André K. T. Assis, Andréia Guerra e Cibelle Celestino Silva pela leitura cuidadosa do texto e pelas sugestões dadas. Seus trabalhos foram referências fundamentais para que pudesse aprender mais acerca da eletricidade e da óptica no século XVIII.

Agradeço à Thátyusce Bonfim, que colaborou com boa parte das traduções dos textos de Franklin, e aos demais amigos e colegas que, em diferentes ocasiões, comentaram, sugeriram e propuseram questões que me motivaram a escrever esse material.

Agradeço à Editora UFABC por mais uma vez me conceder a oportunidade de publicar o resultado de um extenso trabalho de investigação historiográfica sobre a Ciência.

Por fim, agradeço à Barbara e à Diana por serem as luzes que me conduziram aos caminhos para as pesquisas que agora se materializam nesse livro.

Sumário

Apresentação

Benjamin Franklin é um daqueles personagens da história da ciência que certamente ocupa as anedotas populares, nesse caso, pelos seus famosos experimentos com pipas. Aclamado por sua habilidade experimental, Franklin teria moldado a história da eletricidade, confirmando a natureza elétrica dos raios e inventando o principal instrumento para nos protegermos deles, os para-raios. Como se suas aventuras científicas não bastassem, ele ainda desempenhou um papel determinante no estabelecimento dos Estados Unidos como nação, sendo um dos três autores da declaração de independência da Grã-Bretanha – ao lado de figuras como Thomas Jefferson e John Adams.

Figura 1 – Benjamin Franklin (1706-1790), em quadro de Joseph Siffred Duplessis

Do ponto de vista da historiografia moderna da ciência, contudo, as contribuições de Franklin foram bem mais complexas e abrangentes, indo muito além dos experi-

mentos com pipas. Essa percepção do trabalho de Franklin na filosofia natural é relativamente recente na história da ciência. Até meados da década de 1940, suas incursões na filosofia natural eram relegadas a poucas páginas nos relatos biográficos, onde a ênfase ao seu papel político na fundação dos Estados Unidos era muito presente. Uma de suas primeiras grandes biografias do século XX, escrita por Carl Van Doren em 1938,[1] possui apenas 27 páginas, de um total de 782, para os trabalhos científicos de Franklin.[2]

O cenário tem mudado consideravelmente nas últimas duas décadas. Um dos propulsores dessas novas perspectivas historiográficas é o projeto *The Papers of Benjamin Franklin* (Os escritos de Benjamin Franklin), uma iniciativa conjunta da Universidade de Yale e da *American Philosophical Society* (Sociedade Filosófica Americana), que o próprio Franklin ajudou a criar. Grande parte dos textos de Franklin, incluindo cartas, manuscritos e ensaios, está disponível digitalmente na página do projeto.[3] A historiografia atual sobre Franklin tem mostrado a complexidade de seu pensamento em várias áreas, seu estilo literário, a presença dos contextos culturais e sociais dos Estados Unidos e da Grã-Bretanha em suas atividades, além de muitas outras questões até então não exploradas em profundidade.[4] Entretanto, continua sendo notável o relativo desconhecimento da totalidade de sua filosofia natural.[5]

Dentre os principais historiadores da filosofia natural de Franklin, destaca-se I. Bernard Cohen. Em 1947, Cohen obteve seu doutorado em História da Ciência, apresentando

---

[1] Doren, 1961.

[2] Mesmo assim, a biografia de Doren é descrita por I. Bernard Cohen como "padrão" e "a melhor biografia em inglês de um cientista" (COHEN, 2007, p. 854).

[3] *The Franklin Papers*. Disponível em: <http://franklinpapers.org>. Acesso em: mai. 2018. Outra coleção, da *Library of Congress*, pode ser acessada em: <http://www.loc.gov/collections/benjamin-franklin-papers/about-this-collection>. Acesso em: mai. 2018.

[4] Mulford, 2008, p. 8.

[5] Cohen, 1990, p. 3.

o livro *Benjamin Franklin's experiments* (Os experimentos de Benjamin Franklin),[6] que continha uma nova e comentada edição dos textos de Franklin em eletricidade.[7] Nas décadas seguintes, Cohen publicou outros dois importantes textos sobre o autor, *Franklin and Newton*[8] (Franklin e Newton) e *Benjamin Franklin's Science*[9] (A ciência de Benjamin Franklin), além de dezenas de artigos, comunicações e outros materiais. Os trabalhos de Cohen – e daqueles por ele influenciados – propiciaram uma visão mais adequada das reais contribuições de Franklin para o estudo da eletricidade e, de maneira geral, para a filosofia natural do século XVIII. Em grande medida, o presente livro se fundamentou nesses estudos historiográficos precedentes.

Franklin nasceu em Boston, em 17 de janeiro de 1706.[10] Seu pai, Josiah Franklin, original de Ecton, na Inglaterra, mudou-se para Boston provavelmente em 1683. Casado com Anne, teve sete filhos. Após a morte da primeira esposa, Josiah casou-se novamente, com Abiah Folger, com quem teve mais dez filhos, dos quais Franklin foi o antepenúltimo. Com uma grande família de dezesseis irmãos, Franklin viu as gerações seguirem caminhos distintos, e logo começou a trilhar o seu próprio.[11]

Em sua autobiografia, Franklin mencionou a afeição pela leitura desde muito cedo. Em um dos trechos, comentou que "todo pouco dinheiro que caiu em minhas mãos foi sempre despendido em livros".[12] Quando tinha por volta de 12 anos, seu pai decidiu que ele deveria tornar-se impressor, auxiliando seu irmão James, que já seguia a profissão.[13] Quando James

---

[6] Dauben et al., 2009, p. 11.

[7] Cohen, 1941.

[8] Cohen, 1956.

[9] Cohen, 1990.

[10] No calendário então adotado na Grã-Bretanha e suas colônias – o Juliano –, Franklin nasceu em 6 de janeiro.

[11] Doren, 1961, p. 4-7.

[12] Franklin, 1996, p. 9.

[13] Doren, 1961, p. 13.

começou a publicar o jornal *New England Courant* (Correio da Nova Inglaterra), Franklin ficou encarregado de vendê-lo nas ruas. Logo começou a escrever panfletos ao jornal, sob o pseudônimo feminino de *Silence Dogood*, sem que seu irmão soubesse.[14] Não há dúvidas que seu trabalho como aprendiz de James o aproximou ainda mais da leitura, melhorando sua escrita e seu conhecimento sobre os mais variados temas.[15]

Poucos anos depois, aos 17, Franklin mudou-se para Nova York em busca de independência. Após uma breve estada, transferiu-se para a Filadélfia, onde criou raízes mais duradouras. Na cidade, foi convidado pelo governador da Pensilvânia e de Delaware, William Keith (1669-1749), a viajar a Londres para escolher máquinas para montar sua própria gráfica. A viagem revelou-se um fracasso em um primeiro momento. Franklin, sem dinheiro e sem contatos, acabou conseguindo um emprego em uma gráfica de Londres, em 1724, onde permaneceu por cerca de um ano e meio. Ressentido, Franklin afirmou que o governador Keith acabou enganando "um pobre garoto ignorante".[16] Durante esse período na Inglaterra, conheceu Henry Pemberton, eminente newtoniano, que lhe prometeu apresentá-lo ao próprio Isaac Newton, o que "nunca ocorreu".[17] Na gráfica, também se envolveu com a publicação do livro *The Religion of Nature* (A religião da natureza), de William Wollaston, sobre o qual escreveu um pequeno ensaio metafísico.[18]

Quando retornou à Filadélfia, em 1726, Franklin dominava as artes gráficas. Montou sua própria gráfica e logo tornou-se conhecido na região pelas suas publicações. Uma delas foi *The Pennsylvania Gazette* (A Gazeta da Pensilvânia), que continha, dentre outros textos, vários artigos sobre os fatos cotidianos dos moradores do estado. O jornal, com esse

[14] Doren, p. 20-21.

[15] Doren, p. 14.

[16] Franklin, 1990, p. 32.

[17] Franklin, p. 33.

[18] Franklin, p. 32.

título e estilo, começou a ser publicado em 1729. Muitas matérias foram assinadas pelo próprio Franklin, que também abordava acontecimentos do outro lado do Atlântico. Em 1732, Franklin iniciou a publicação do *Poor Richard's Almanack* (Almanaque do Pobre Richard), recheado de artigos simples, com o propósito de entreter e informar seus leitores.[19] A edição de 1733, por exemplo, informou que haveria quatro eclipses naquele ano, dois do sol e dois da lua. O almanaque também trazia pequenos provérbios, tais como "Um bom exemplo é o melhor sermão" e "Ame seus inimigos, pois eles te dizem suas falhas".[20]

Os anos que se seguiram foram os mais significativos para entendermos a filosofia natural de Franklin. O trabalho em sua gráfica na Filadélfia, com a publicação de jornais, revistas, panfletos, livros e outros materiais, criou um primeiro caminho não só para divulgar suas próprias posições a respeito dos temas que lhe interessavam, como também para as de seus colegas. Foi nesse período que fundou a JUNTO, um grupo de pensadores em busca de aprimoramento intelectual. Os membros, de acordo com Franklin em sua autobiografia, deveriam "produzir uma ou mais questões de qualquer fato da Moral, Política, ou Filosofia Natural, para ser discutido pela companhia".[21]

Por iniciativa dos membros da JUNTO, Franklin organizou a *Library Company* (Companhia da Biblioteca), uma biblioteca por subscrição. A ideia de uma biblioteca como essa era comprar, por meio de um esforço financeiro conjunto de seus membros, um grande número de livros europeus, os quais seriam excessivamente custosos individualmente. Inicialmente com 50 membros, a *Library Company* solicitava um pagamento inicial e contribuições anuais.[22] O sucesso da biblioteca foi imediato, demonstrando sua relevância para a

---

[19] Cohen, 2007, p. 845; Franklin, 1996, p. 75.

[20] Franklin, 1914, p. 12, 36.

[21] Franklin, 1996, p. 45.

[22] Doren, 1961, p. 105.

instrução da colônia acerca do conhecimento produzido na metrópole e em outros países europeus.

A viagem à Europa, a criação da JUNTO e a fundação da *Library Company* constituíram os caminhos que levaram Franklin ao estudo da filosofia natural. Por exemplo, o contato com Pemberton, então organizador da terceira edição dos *Principia* de Newton – que seria publicada em 1726 – provavelmente contribuiu para solidificar a influência do pensamento newtoniano em Franklin. De outro lado, destacam-se as conversas com os membros da JUNTO, muitas delas sobre os temas vigentes da filosofia natural do século XVIII. Por fim, a chegada de vários materiais à *Library Company* foi determinante para que Franklin lesse os principais autores do período, tais como John Theophilus Desaguliers ou Willem Jacob 'sGravesande, ambos defensores das doutrinas newtonianas. Essas leituras atualizaram Franklin com relação aos principais temas da filosofia natural discutidos na Europa da época.[23]

No período da fundação da *Library Company*, por volta de 1732, apareceu pela primeira vez o nome de Peter Collinson (1694-1768), que se tornou o principal canal da filosofia natural de Franklin na Grã-Bretanha. Inicialmente, Collinson atuou como intermediário na obtenção dos livros requisitados pelos membros da biblioteca. Ele trabalhava especialmente com botânica e seu interesse em sementes e plantas do continente americano desconhecidas na Europa promoveram vários de seus contatos com o novo mundo. Como membro da *Royal Society*, Collinson foi fundamental para a disseminação das ideias de Franklin sobre eletricidade na ilha, uma vez que tinha o costume de comunicar à sociedade artigos de não membros.[24]

O envolvimento mais próximo de Franklin com temas da filosofia natural começou quando ele já era uma figura conhecida na Filadélfia, cerca de onze anos após os eventos descritos acima. Em 1743, conheceu o reverendo

---

[23] Cohen, 1956, p. 206-209.

[24] Cantor, 1997, p. 182-183.

escocês Archibald Spencer, quando teve a oportunidade de observar alguns fenômenos da eletricidade. Dois anos mais tarde, Collinson enviou à *Library Company* uma descrição de "experimentos alemães" sobre eletricidade e um tubo de vidro para que o próprio Franklin e seus companheiros pudessem realizar experimentos elétricos.[25] Não demorou para que o estadunidense comunicasse a Collinson os resultados de seus primeiros estudos.

Entre o final da década de 1740 e o meio da década de 1750, Franklin trocou cartas e ensaios com vários correspondentes europeus e estadunidenses sobre a eletricidade e outros assuntos da filosofia natural. As primeiras cartas a Collinson sobre eletricidade foram reunidas no livro *Experiments and Observations on Electricity, made at Philadelphia in America* (Experimentos e observações, feitos na Filadélfia na América). O livro foi organizado pelo próprio Collinson e publicado em Londres, a partir de 1751.[26] Com várias edições subsequentes e traduções para outras línguas, o texto contribuiu para alçar Franklin ao círculo de renomados filósofos naturais do século XVIII.

Nas décadas posteriores a de 1750, Franklin deixou a filosofia natural em segundo plano. Enquanto suas ideias sobre eletricidade se espalhavam – e eram eventualmente corrigidas ou aperfeiçoadas – no continente europeu, ele dedicou-se a outros assuntos, além daqueles ligados à sua atividade política. Deu contribuições para a navegação, por exemplo, ao explorar características da corrente do Golfo durante suas travessias pelo Atlântico e ao publicar, por volta da década de 1770, o caminho que ela percorria. Escreveu brevemente acerca de tópicos da medicina, sendo a favor da vacinação – principalmente após perder um de seus filhos por varíola – e estudou efeitos da eletroterapia no tratamento da paralisia.[27]

---

[25] A imersão de Franklin nos assuntos da eletricidade é discutida com mais detalhes no Capítulo 1.

[26] Ver nota 73, a respeito das edições do livro.

[27] Cohen, 2007, p. 852-853.

Esse período também foi marcado pelo recebimento de honrarias. Em 1753, foi condecorado com a medalha Copley da *Royal Society*, por seus experimentos em eletricidade, e eleito membro em 1756. Em 1772, a *Académie Royale des Sciences* da França o tornou membro estrangeiro, também por suas contribuições à eletricidade. Participou de vários círculos intelectuais europeus, recebendo outras homenagens e desfrutando de grande prestígio dentre os filósofos naturais.[28] Quando morreu, em 1790, era uma figura ilustre e conhecida, ganhando várias biografias, relatos e homenagens póstumas.

Desde muito jovem, Franklin inteirou-se dos pressupostos filosóficos vigentes. A leitura dos textos de Newton, Pemberton, 'sGravesande, Desaguliers, entre outros moldaram seu estilo científico, colocando-o em contato com a filosofia experimental e a ideia de um fluido imponderável, que se manifestava nos fenômenos da luz, do calor e da eletricidade.[29] Há, nos textos de Franklin, traços da metodologia indutivista e do papel fundamental que os experimentos deveriam ter para a obtenção de um conhecimento verdadeiro sobre a natureza. Tudo isso colaborou ainda mais para popularizar a imagem de Franklin como grande experimentador e inventor. A proposta do experimento com longas hastes metálicas apontadas para nuvens carregadas em meio a temporais – conhecido como "experimento da guarita" – levou à invenção dos para-raios, incrementando sua popularidade entre os filósofos naturais da época.[30] Outras invenções foram aos poucos sendo conhecidas, como a cadeira de balanço e os óculos bifocais. Dentre suas criações mais notáveis, está a lareira Pensilvânia ou fogão de Franklin, que possibilitava a propagação do calor para um ambiente e evitava o espalhamento da fumaça originada pela queima do material, carvão ou madeira, por exemplo.[31]

[28] Mulford, 2008, p. 5.

[29] Cohen, 1990, p. 19.

[30] Ver Capítulo 3, seção 3.4.

[31] Cohen, 2007, p. 846; Edgerton Jr, 1996, p. 199-211.

No Brasil, são poucos os materiais em português sobre Franklin. Por muitos anos, a principal fonte nessa língua foi sua autobiografia, traduzida na década de 1950.[32] Na década de 1970, foi publicada uma biografia de Franklin, por Filippo Garozzo, dentro da coleção "*Os homens que mudaram a humanidade*".[33] Uma biografia mais atual, *Benjamin Franklin – uma vida americana*, apareceu nas livrarias brasileiras em 2015.[34] Há também duas animações sobre a vida de Franklin, ambas versões brasileiras de produções estadunidenses: "Ben e Eu", dos estúdios *Walt Disney*, lançada na década de 1950, e "Grandes Personagens da História", série com vários episódios que retratam a vida de pessoas famosas, lançada na década de 1990. As duas, porém, apresentam um relato muito superficial do autor e da história da eletricidade no século XVIII, repleto de anacronismos e distorções historiográficas.[35]

Na literatura acadêmica, há cinco trabalhos sobre Franklin, sendo dois dedicados aos seus estudos sobre a natureza elétrica dos raios, um sobre o debate com Jean-Antoine Nollet, um acerca de suas concepções sobre a luz e outro contendo uma tradução de uma carta sobre a formação de tempestades com raios e trovões.[36] Uma ótima biografia de Franklin pode ser lida na edição em português do *Dicionário de Biografias Científicas*, publicado em 2007.[37]

---

[32] A primeira tradução foi publicada pela editora Companhia Nacional, em 1953. Uma década depois, o texto foi publicado pela editora Ibrasa, como parte da coleção *Clássicos da Democracia.* Na década de 1990, o texto foi novamente reeditado pela editora Ediouro. Atualmente, é possível encontrar – com certa dificuldade – a versão de 2005 da editora Martin Claret.

[33] Editora Três.

[34] ISAACSON, W. *Benjamin Franklin* – uma vida americana. São Paulo: Companhia das Letras, 2015. O livro foi publicado originalmente em 2003.

[35] Ambas as animações estão disponíveis *on-line*: *Ben e eu*. Disponível em: <http://youtu.be/ HaBw6kWUFfk>. Acesso em: dez. 2017. E *Grandes Personagens da História – Benjamin Franklin*, disponível em: <http://youtu.be/g1lrKWcj0Fc>. Acesso em: dez. 2017.

[36] Silva e Pimentel (2008a; 2008b); Pyenson (1998), Moura (2016) e Moura e Bonfim (2017). A tradução apresentada neste último trabalho foi inserida nesse livro.

[37] Cohen, 2007.

O presente livro busca suprir essa lacuna de trabalhos em português sobre Franklin e discutir aspectos da sua filosofia natural a leitores brasileiros. Apresento sete traduções de trabalhos importantes do autor sobre a eletricidade e a luz, sendo seis cartas enviadas a seus correspondentes na Europa e nos Estados Unidos – escritas entre as décadas de 1740 e 1750 e publicadas na quarta edição de 1769 do *Experiments and observations*[38] – e um pequeno ensaio lido em uma sessão da *American Philosophical Society* no final de sua vida e publicado postumamente. As cartas e os ensaios foram escolhidos por representarem a essência do pensamento de Franklin sobre a eletricidade e a luz. É a primeira vez que textos originais do estadunidense são traduzidos integralmente para o português brasileiro. Detalhes dos materiais estão descritos no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 – Fontes primárias traduzidas neste livro

Fonte primária	Ano em que foi escrita, lida ou enviada	Publicação	Conteúdo
Carta de Benjamin Franklin a Peter Collinson	1747	*Experiments and observations* (Experimentos e observações), 4.ed. (1769)	Primeira comunicação de Franklin a Collinson, em que o primeiro agradece o último pelo envio de um tubo para testar fenômenos elétricos.
Carta de Benjamin Franklin a Peter Collinson	1747	*Experiments and observations* (Experimentos e Observações), 4.ed. (1769)	Segunda comunicação de Franklin, contendo suas ideias iniciais sobre eletricidade. Nesta carta, ele apresenta, por exemplo, o conceito de eletrização “mais” e “menos” ou “positiva” e “negativa”, além de discutir o poder de corpos pontudos em “extrair” ou “lançar” fogo elétrico.

[38] A última edição do livro, editada por Cohen e baseada na quinta edição de 1774 (COHEN, 1941), também foi consultada, a fim de dirimir dúvidas em relação a alguns argumentos de Franklin.

Carta de Benjamin Franklin a John Mitchel	1749	*Experiments and observations* (Experimentos e observações), 4.ed. (1769)	Contém uma discussão sobre a formação de tempestades com raios e trovões, fundamentada em suas concepções sobre eletricidade, discutidas nas comunicações anteriores.
Carta de Benjamin Franklin a Peter Collinson	1750	*Experiments and observations* (Experimentos e observações), 4.ed. (1769)	Contém o ensaio *Opinions and conjectures* (Opiniões e conjecturas), a versão final da teoria de Franklin para a eletricidade, incluindo, entre outros pontos, a descrição do famoso experimento da guarita e a proposição dos para-raios.
Carta de Benjamin Franklin a Cadwallader Colden	1752	*Experiments and observations* (Experimentos e observações), 4.ed. (1769)	A carta foi uma continuação de conversas anteriores com Colden. A partir de um trecho, Franklin abordou, pela primeira vez, suas ideias sobre a luz, rejeitando a concepção corpuscular e defendendo uma concepção vibracional.
Carta de Benjamin Franklin a Peter Collinson	1752	*Experiments and observations* (Experimentos e observações), 4.ed. (1769). O texto também foi publicado nas *Philosophical Transactions*, v. 47, p. 565-567, 1751-1752.	Nesta carta, Franklin discutiu o famoso experimento com a pipa.
Ensaio *A new and curious theory of light and heat* (Uma nova e curiosa teoria da luz e do calor)	1788	*Transactions of the American Philosophical Society* (Transações da Sociedade Filosófica Americana), em 1793	Franklin retomou alguns pontos da carta a Colden e fez uma associação mais explícita entre luz e fogo. Também apresentou com mais detalhes uma teoria da matéria.

As traduções foram resultado de quatro anos de pesquisas, realizadas no Brasil e nos Estados Unidos. Elas são precedidas por dois capítulos sobre Franklin e os estudos a respeito da eletricidade e da luz no século XVIII. Cada tradução é acompanhada de uma discussão introdutória sobre seu conteúdo, buscando esclarecer o que Franklin abordou no texto. A partir disso, pretendo apresentar uma revisita ao autor e à história da eletricidade e da luz, tanto para resgatar o que já se conhece quanto para introduzir aspectos ainda não tão familiares sobre Franklin e a filosofia natural do século XVIII. Portanto, as traduções são fruto de um estudo detalhado, fundamentado nos preceitos atuais da historiografia da ciência. Evitou-se, assim, incorrer em erros e distorções muito comuns sobre o trabalho de Franklin na filosofia natural.[39]

Espero que o leitor, por meio deste livro, tenha um primeiro contato direto aos escritos de Franklin e que, no futuro, todos possam conhecer a verdadeira dimensão e importância de seus trabalhos para a filosofia natural do século XVIII.

---

[39] Em Silva e Pimentel (2008b), observamos que diversos livros didáticos publicados no Brasil – possivelmente a única fonte de informações que alunos e professores possuem sobre Franklin – trazem uma série de distorções e anacronismos acerca do trabalho do autor.

Capítulo 1
Benjamin Franklin e a Eletricidade

Quando Franklin começou a realizar experimentos elétricos, por volta da década de 1740, a eletricidade era um tema muito estudado na Europa, recebendo contribuições de pesquisadores de diversas partes do continente. O cenário era efervescente para a filosofia natural. O legado deixado por Newton, falecido alguns anos antes, estava transformando o modo de pensar dos filósofos naturais, que olhavam para a natureza com um forte viés experimental e visual. A eletricidade fornecia o que eles esperavam de uma boa filosofia experimental: era possível estudá-la por meio da experimentação direta, produzia efeitos sensíveis e observáveis e representava um mundo de novas descobertas. Franklin desempenhou um papel significativo, mas isso só foi possível porque estava imerso em um contexto em que vários outros pensadores também tinham seus olhos voltados aos fenômenos elétricos, cujas ideias buscarei abordar nos parágrafos seguintes.

Aspectos dos fenômenos elétricos eram conhecidos desde a Antiguidade. Platão, por exemplo, em seu *Timeu*, relatou a capacidade do âmbar de atrair pequenos objetos, quando atritados, o que ficou conhecido como "efeito âmbar".[40] Um salto significativo foi feito por William Gilbert, no início do século XVII. Em seu *De Magnete* (Sobre o imã), publicado em 1600, ele discutiu alguns fenômenos do âmbar, chamando de "elétricos" os corpos que possuíam um comportamento semelhante ao

[40] Assis, 2010, p. 17.

dele.[41] Um dos propósitos de Gilbert foi estabelecer diferenças entre a atração exercida pelo âmbar e pelos imãs.

Próximo ao século XVIII, uma das principais contribuições foi a de Otto von Guericke, que descreveu a repulsão exercida em uma pena por uma bola de enxofre atritada. Os experimentos foram publicados em 1672, no livro *Experimenta nova (ut vocantur) magdeburgica de vacuo spatio* (Novas experiências (assim chamadas) de Magderburgo sobre o espaço vazio). Nesses primeiros estudos sobre a eletricidade, não havia a identificação clara de uma classe nova de fenômenos. Os relatos eram, em sua maioria, descritivos, e não havia um amadurecimento conceitual sobre a existência de uma nova propriedade dos corpos.

No início do século XVIII, alguns eventos ajudaram a transformar o cenário em relação à eletricidade, começando a colocá-la a um lugar de mais destaque. Por volta de 1705, Francis Hauksbee foi designado pela *Royal Society* para investigar a fosforescência mercurial ou barométrica de termômetros e barômetros. Ele concluiu que a luminosidade não era consequência dos líquidos ou mesmo do vácuo nesses tubos e descreveu como ela poderia ser observada atritando-os.[42] A Hauksbee é atribuída a construção de uma das primeiras máquinas elétricas, com o propósito específico de estudar os fenômenos da eletricidade, incluindo a atração e repulsão a pequenos corpos ao redor delas.[43]

Os estudos de Hauksbee foram seguidos pelos de Stephen Gray. Inicialmente envolvido com a astronomia e óptica, Gray descobriu propriedades fundamentais dos fenômenos elétricos. Seu primeiro artigo sobre eletricidade foi escrito em 1708 e enviado para publicação nas *Philosophical Transactions* da *Royal Society*, por intermédio de Hans Sloane, então secretário da sociedade. O texto não foi publicado na

---

[41] A palavra *elétrico* tem origem grega e significa justamente a propriedade de atrair como o âmbar (HEILBRON, 1979, p. 169).

[42] Heilbron, 1979, p. 229-230.

[43] Assis, 2010, p. 70.

época – apenas em 1954 –, possivelmente por intervenção de Hauksbee, que buscava manter a prioridade das descrições acerca dos fenômenos elétricos.[44] Nela, Gray descreveu experimentos em que atritou um tubo de vidro e observou uma pena flutuar sobre ele, algo bem semelhante ao que Guericke havia feito com a bola de vidro.[45]

Nos anos seguintes, Gray escreveu mais nove artigos sobre eletricidade, todos publicados nas *Philosophical Transactions*, sendo dois postumamente. O terceiro deles, publicado em 1731, foi o mais essencial. Nele, Gray relatou a descoberta de que a eletricidade poderia ser transmitida de um corpo a outro e a existência de corpos mais propícios a transmiti-la que outros, além de outros pontos.[46] Foi nesse artigo que Gray descreveu o famoso experimento de um garoto suspenso atraindo pequenos materiais em diferentes partes de seu corpo. Em grande medida, Gray e seus colaboradores usufruíram de uma espécie de monopólio dos estudos acerca da comunicação da eletricidade, detalhando suas diversas singularidades.[47] Um aspecto significativo dos trabalhos de Gray foi seu objetivo em estabelecer como a eletricidade se comunicava, não propriamente o que ela era.[48]

---

[44] Boss et al., 2012, p. 103-104.

[45] Assis, 2010, p. 71-73.

[46] Boss et al., 2012, p. 51.

[47] Heilbron, 1979, p. 247.

[48] Boss et al., 2012, p. 34.
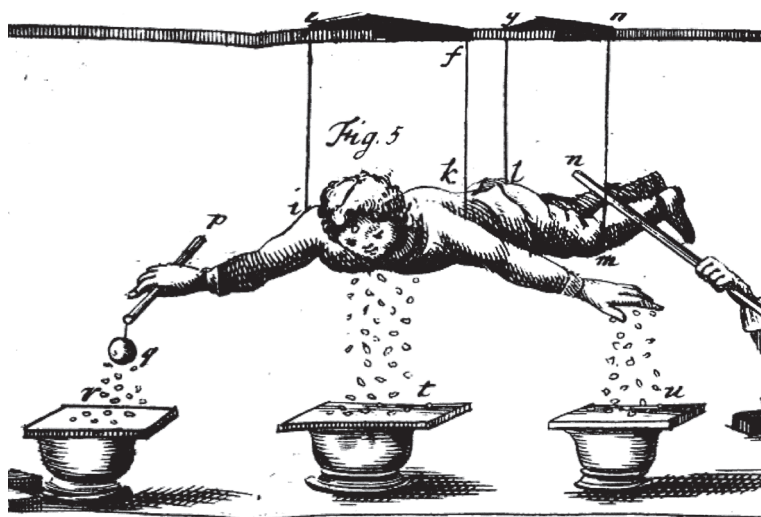
Figura 2 – Representação do experimento de Gray com um garoto eletrizado atraindo pequenos objetos em diferentes partes do corpo.

Fonte: Doppelmayr (1774, tab. II).

Na mesma época em que Gray desenvolveu seus experimentos sobre a eletricidade, surgiram os estudos de Charles DuFay, já notável membro da *Académie Royale des Sciences*, mesmo com os poucos 35 anos de vida. Diretamente influenciado pelos estudos de Gray, DuFay reconheceu a repulsão como uma propriedade característica da eletricidade e descreveu o mecanismo ACR (atração-contato-repulsão). Experimentos simples como os de Guericke ou Gray com uma pena flutuando em volta de um tubo de vidro atritado sinalizavam a validade desse mecanismo. Depois de atritado, o tubo atraía a pena, que, após o contato, era repelida pelo tubo.

A consideração da repulsão como uma propriedade intrínseca dos fenômenos elétricos levou DuFay a propor a existência de dois tipos de eletricidade: vítrea e resinosa. Como os nomes sugerem, a eletricidade vítrea poderia ser obtida quando o vidro era atritado, enquanto a resinosa estava presente em resinas como a copal. Corpos com a mesma eletricidade

se repeliam e com eletricidades diferentes se atraíam. Mais tarde, John Canton notou que a eletrização diferenciada não dependia apenas do corpo atritado, mas também daquele que atritava.

Pouco depois de Gray e DuFay, mais filósofos naturais começaram a se envolver com eletricidade. Na Grã-Bretanha, por exemplo, terra de Gray, surgiram os nomes de Desaguliers e William Watson, dentre muitos outros. Na época, Desaguliers já era um conhecido conferencista, tendo trabalhado com outros temas da filosofia natural, como a mecânica e a óptica. Envolveu-se com a eletricidade após a morte de Gray e teria proposto os termos "condutor" e "isolante" para classificar os diferentes corpos e suas interações com a eletricidade.[49]

Por sua vez, Watson parece ter tido um papel mais relevante, especialmente nos anos posteriores, quando os primeiros estudos de Franklin apareceram aos filósofos naturais europeus. Por muitos anos, trabalhou como uma conexão entre os pesquisadores em eletricidade do continente e das ilhas britânicas.[50] Na década de 1740, reportou aos colegas da *Royal Society* resultados de experimentos elétricos, alguns muito semelhantes aos que Franklin realizaria logo em seguida.[51] Entre 1745 e 1746, publicou o *Experiments and Observations tending to illustrate the Nature and Properties of Electricity* (Experimentos e observações buscando ilustrar a natureza e as propriedades da eletricidade), que ganhou a famosa *Sequel* (Sequência), publicada em 1746. Este último texto, uma ampliação dos resultados do material anterior, impulsionou o nome de Watson

---

[49] Heilbron afirma, porém, que o sentido dado por Desaguliers foi diferente do atual. Ele não pensou em "condutor" como um tipo de corpo, mas como um componente do sistema elétrico. O uso contínuo do termo em frases mais resumidas acabou levando ao significado que esse termo possui hoje (HEILBRON, 1979, p. 292, n. 12). Além disso, DuFay já havia utilizado antes a expressão "isolado" (ASSIS, 2010, p. 148).

[50] Heilbron, 1979, p. 296.

[51] Um deles foi o experimento das pessoas sobre a cera, que Franklin descreveu no texto "Opiniões e conjecturas", publicado em 1751 (HEILBRON, 1979, p. 297). Ver Capítulo 3, seção 3.4.

como um dos líderes das investigações sobre eletricidade na Grã-Bretanha.[52]

Nos seus trabalhos, Watson discutiu vários fenômenos e conceitos conhecidos e estudados na época. Relatou, por exemplo, a diferença nas descargas obtidas por corpos pontudos e corpos rombudos ou embotados; descreveu a interação elétrica entre duas pessoas sobre um suporte de cera, ou seja, isoladas; notou que quando uma delas era eletrizada, ao tocar a outra, perdia quase toda sua eletricidade. Mesmo aparentemente revelador de certas propriedades da eletricidade, Watson não concluiu nada de novo a respeito desse experimento. Discutiu também a comunicação da eletricidade do chão para uma máquina elétrica. Na época, era comum a crença de que a eletricidade era produzida apenas pelo atrito da bola de vidro e que o fato da máquina elétrica e de seu operador estarem em contato com o chão faria com que ela fosse perdida. Dessa forma, havia a ideia de que se eles estivessem isolados – por um suporte de cera, por exemplo – a eletricidade não seria perdida. O efeito observado foi justamente o oposto. Watson concluiu que a máquina elétrica funcionava como um tipo de bomba da eletricidade presente no chão.[53]

Na França, um dos diretos herdeiros de DuFay foi seu assistente, Nollet. Quando viajou com DuFay para a Inglaterra e a Holanda, Nollet conheceu célebres filósofos naturais da época, como Desaguliers e 'sGravesande. Logo depois, começou a apresentar conferências, que contribuíram para estabelecê-lo como uma referência entre os franceses.[54] Em relação à eletricidade, ele inicialmente dedicou-se a reproduzir experimentos anteriores de Hauksbee, Gray e DuFay. O principal instigador das pesquisas originais de Nollet foi Georg Mathias Bose, cujos trabalhos serão mencionados mais adiante.

---

[52] Heilbron, 1979, p. 298.

[53] Heilbron, p. 297-299; Cohen, 1956, p. 392, 401-404.

[54] Silva, 2011, p. 134-135.

Os fundamentos das ideias de Nollet sobre eletricidade foram apresentados no texto "*Conjectures sur les Causes de l'Électricité des Corps*" (Conjecturas sobre as causas da eletricidade dos corpos), lido em 1745 na *Académie Royale des Sciences*, em Paris, e no livro *Éssai sur l'Électricité des corps* (Ensaio sobre a eletricidade dos corpos), publicado em 1746. Nollet desenvolveu o conceito de um único fluido elétrico, saindo e entrando nos corpos eletrizados. Um corpo eletrizado emitiria ao mesmo tempo correntes "afluente" e "efluente" do fluido elétrico, as quais, ao interagir com outras correntes de diferentes intensidades em outros corpos, ocasionariam os fenômenos elétricos conhecidos. O experimento da pena flutuando ao redor de um tubo de vidro atritado seria facilmente explicado por esse princípio. A atração seria ocasionada pela corrente afluente. Ao tocar o tubo, a pena seria estimulada a emitir suas próprias correntes, originando a repulsão pelas correntes efluentes da pena e do tubo.[55] O conceito de Nollet foi aceito por Watson, na Inglaterra, e por Bose, na Alemanha, logo tornando-se a principal referência para os estudos em eletricidade da época.[56]

Nesse momento, friso um detalhe importante. Nos estudos desenvolvidos nas primeiras décadas do século XVIII, não havia uma definição única sobre o que era a eletricidade. Pelo menos desde o século XVII, ela era associada a algum fluido emitido pelos corpos. Esse fluido não necessariamente era identificado como algo *sui generis*, sendo muitas vezes apontado como um tipo particular do fogo. Outros, em alternativa, relacionavam a eletricidade a uma manifestação do éter, este também sujeito a diferentes definições entre os séculos XVII e XVIII. Dessa maneira, podemos encontrar nos escritos dos filósofos anteriormente mencionados um variado número de definições para eletricidade. A vinculação dos fenômenos elétricos a um tipo particular de matéria foi estabelecida a partir da segunda metade do século XVIII.

[55] Heilbron, 1979, p. 284.
[56] Silva, 2011, p. 136-137.

Por volta de 1745, uma descoberta realizada quase simultaneamente na Alemanha e na Holanda abriu caminho para um novo entendimento da eletricidade. Trata-se da invenção do instrumento que ficou conhecido como "garrafa de Leiden". Os efeitos da garrafa foram descritos, em duas ocasiões distintas, por Ewald Jürgen von Kleist, alemão, e Pieter von Musschenbroek, holandês. Descreverei brevemente a contribuição dos dois.

Na Alemanha, destacavam-se os estudos de Bose. Dentre suas ideias inovadoras, estava a introdução do "condutor primário" nas máquinas elétricas. Posicionado de maneira a ficar isolado – por exemplo, estando suspenso por fios de seda – o condutor primário tinha uma de suas extremidades conectada ou próxima à bola de vidro da máquina elétrica, coletando a eletricidade produzida. A partir da outra extremidade, poderiam ser testados vários efeitos dessa eletricidade. Em um deles, Bose eletrizou a água dentro de um copo, extraindo faíscas dela.[57]

Inspirado por esses relatos, Kleist buscou ampliar a intensidade dessas faíscas, realizando algumas mudanças no aparato elétrico. Em um dos experimentos, realizado em 1745, ele levou um fio do condutor primário de uma máquina elétrica até um vaso de vidro preenchido com água. O vidro foi isolado, em uma tentativa de não desperdiçar eletricidade para o chão. Com isso, esperava-se que o vidro com água ficasse altamente eletrizado, à medida que a máquina elétrica era colocada em funcionamento. Entretanto, o efeito oposto foi observado. Poucas faíscas eram obtidas nessa configuração.

Em uma versão alternativa, Kleist grudou uma agulha ou um fio bem duro a um pequeno frasco de vidro, como os de remédio. Em seguida, inseriu álcool no frasco e o conectou à máquina elétrica, como na situação anterior. Ao desconectar o frasco da máquina, observou brilhos sutis emanados da agulha ao caminhar pelo quarto onde fazia o experimento. Notou também que ele recebia um choque quando tocava a

[57] Heilbron, 1979, p. 269.

máquina elétrica ou o condutor primário enquanto o frasco era eletrizado. As comunicações originais de Kleist não sobreviveram, mas partes de seus relatos podem ser encontradas em textos de seus correspondentes, como Johann Heinrich Winkler, Johann Gottlob Krüger e Daniel Gralath.[58]

Todos esses fenômenos pareceram estranhos a Kleist, embora hoje possam ser compreendidos à luz dos conceitos atuais em eletricidade. Ao caminhar com o frasco eletrizado, Kleist possivelmente observou o que chamamos de descarga de corona, quando há uma ionização do ar ao redor de condutores. Além disso, o fato de o frasco apresentar esse efeito justamente quando não estava isolado mostra que a pessoa que o segura aterra a parte externa do frasco, enquanto seu interior permanece carregado, possibilitando as descargas.

Na Holanda, Musschenbroek começou a realizar experimentos similares no mesmo ano de 1745, também guiado por proposições de Bose. Sua intenção nas primeiras tentativas foi extrair eletricidade da água eletrificada inserida em um recipiente de vidro. Nessas reproduções, um de seus colegas, Andreas Cunaeus resolveu testar ele próprio a ocorrência de faíscas a partir do recipiente de vidro. Sem qualquer conhecimento dos estudos recentes da eletricidade e atuando de maneira totalmente amadora, Cunaeus segurou o recipiente com as mãos, obtendo faíscas fortes. Musschenbroek, ao ser informado por ele, reproduziu a situação e recebeu fortes choques, a ponto de não querer mais testar o efeito. Logo depois, o holandês relatou detalhadamente a descoberta e as condições do experimento ao seu correspondente na *Académie Royale des Sciences* de Paris, René de Réamur, as quais, assim

---

[58] A historiografia clássica acerca do trabalho de Kleist – na qual o trabalho de Heilbron (1979) está incluído – costuma salientar seu amadorismo e a falha em comunicar a necessidade de aterrar a superfície externa da garrafa, o que teria prejudicado a reprodução de seus experimentos por outros. Silva e Heering (2018) oferecem uma outra interpretação, argumentando que os colegas de Kleist não consideraram o aterramento como elemento crucial. O problema foi não concluir que era necessário tocar, ao mesmo tempo, as superfícies externa e interna da garrafa para receber o choque.

que publicadas, chamaram a atenção dos filósofos naturais envolvidos com a eletricidade, como Nollet e Watson. O nome "garrafa de Leiden" ou mesmo "garrafa de Musschenbroek" logo tornaram-se populares entre os pesquisadores, em referência à cidade e ao nome de um de seus elaboradores.[59]
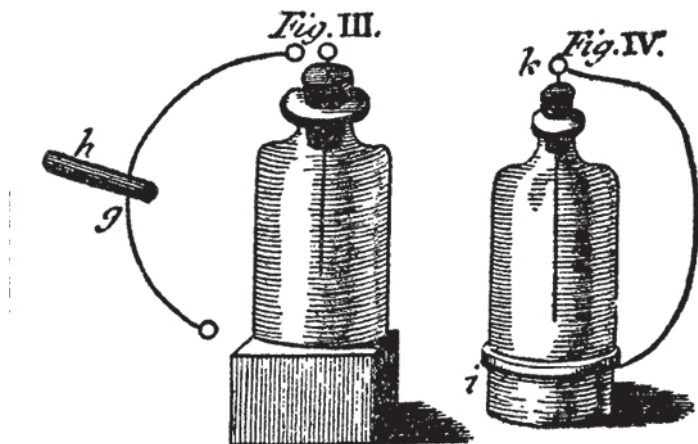
Figura 3 – Representações de garrafas de Leiden utilizadas no século XVIII.

Fonte: Franklin (1769, Plate 1).

O desenvolvimento da garrafa de Leiden despertou a curiosidade dos mais interessados em eletricidade, em uma tentativa de entender suas principais propriedades e o comportamento da eletricidade. Nos meses seguintes à descoberta de Kleist e ao relato de Musschenbroek, diversos experimentos com a garrafa foram feitos na Europa. Um dos aspectos desenvolvidos nesse período foi o conceito de circuito, inexistente até então.[60] Porém, muitos dos efeitos da garrafa não

[59] Parece haver uma controvérsia em relação a quem desenvolveu primeiro a garrafa, se Kleist ou Musschenbroek. Embora, a princípio, Kleist teria relatado primeiro os poderes da garrafa, há registros de que os experimentos de Musschenbroek teriam sido feitos antes e relatados à *Royal Society* por Abraham Trembley (1710-1784). A esse respeito, ver Jardim e Guerra (2017).

[60] Silva; Heering, 2018.

eram compreensíveis segundo as concepções vigentes na época. A garrafa também gerava medo entre aqueles que se propunham a manuseá-la. Havia o receio de que o choque produzido por alguma configuração diferente, ainda não testada, poderia matar o indivíduo que a segurava. Dessa forma, ela desempenhou um papel duplo: questionar as teorias elétricas vigentes e propiciar o surgimento de novas concepções, que a considerassem não como uma exceção, mas parte dos efeitos elétricos conhecidos na época. Pouco depois, Franklin enviou suas primeiras cartas a Collinson, apresentando, dentre outros pontos, justamente, experimentos com as garrafas de Leiden.

O interesse de Franklin pela eletricidade provavelmente não emergiu antes de 1743. Nesse ano, em Boston, ele conheceu o reverendo escocês Archibald Spencer, que ao longo das décadas de 1740 e 1750 realizou conferências populares na costa leste da colônia britânica. Dentre os experimentos que Spencer utilizava em suas aulas, figuravam aqueles que trabalhavam conceitos rudimentares de eletricidade, derivados principalmente dos estudos anteriores de Hauksbee e Gray. Não havia, nesse sentido, uma discussão profunda sobre a natureza da eletricidade, mas uma aproximação visual e sensorial aos seus principais fenômenos.

Spencer parece ter adotado uma percepção bastante geral dos fenômenos elétricos, atribuindo-os ao fogo comum. Por essa razão, pelo menos nesse primeiro momento, Franklin não teria notado algo evidentemente novo ou intrigante. Em sua autobiografia, ele corroborou essa sugestão, afirmando que os experimentos de Spencer foram "realizados imperfeitamente, uma vez que ele não era muito versado (em eletricidade)".[61]

O envolvimento mais produtivo de Franklin com a eletricidade se consolidou alguns anos mais tarde, por volta de 1745, quando Collinson enviou à *Library Company* uma descrição dos "experimentos alemães" e um tubo de vidro, com

[61] Franklin, 1996, p. 121.

orientações sobre como utilizá-lo para observar fenômenos elétricos. A partir desse evento, Franklin começou a realizar de forma mais sistemática experimentos em eletricidade, junto com seus colaboradores, Philip Syng, Thomas Hopkinson e Ebenezer Kinnersley. Em sua autobiografia, ele mencionou que havia ordenado a confecção de tubos semelhantes na vidraria local, a fim de que seus companheiros também pudessem estudar seus efeitos.[62]

Em março de 1747, Franklin enviou a Collinson sua primeira carta, afirmando que estava realizando investigações sobre os fenômenos elétricos. A carta seguinte, encaminhada três meses depois, conteve as impressões e ideias iniciais de Franklin e seu grupo, inaugurando um período de intensa comunicação entre ele e seus correspondentes europeus e estadunidenses.

Embora esses relatos descritos anteriormente forneçam uma visão clara da relação entre Franklin e a eletricidade, isso foi resultado de um estudo historiográfico detalhado de suas primeiras investigações acerca dos fenômenos elétricos. Por exemplo, em sua autobiografia, Franklin afirmou ter encontrado Spencer – chamado por ele de "Spence" – em 1746, ou seja, depois da comunicação de Collinson: "Em 1746, estando em Boston, eu lá encontrei o Dr. Spence, que havia acabado de chegar da Escócia, e [que] me mostrou alguns experimentos elétricos".[63] Ele também comentou ter comprado os aparatos experimentais do conferencista para realizar suas próprias investigações. Cohen sugere que Franklin equivocou-se nas datas e mesmo no nome de Spencer, provavelmente pela idade avançada que tinha ao escrever suas memórias.[64]

Da mesma forma, há imprecisões em relação às primeiras comunicações a Collinson. Uma das fontes de informa-

---

[62] Franklin, p. 121.

[63] Franklin, 1996, p. 120-121. Heathcote afirma que Franklin classificou os experimentos de Spencer de "elétricos" somente após muitos anos. Na época, possivelmente, não os considerou dessa maneira (HEATHCOTE, 1955, p. 34).

[64] Cohen, 1990, p. 52-53.

ção é uma carta de Franklin ao filho de Collinson, Michael (1728?-1795), na ocasião da morte de seu pai. Na carta enviada a Collinson em 1747, Franklin mencionou apenas o tubo de vidro, sem qualquer referência aos "experimentos alemães". Na comunicação com Michael, muitos anos depois, porém, ele os mencionou. É provável que esses "experimentos" fossem aqueles descritos em um artigo publicado em 1745 na *Gentleman's Magazine*, uma revista britânica que discutia temas atuais, incluindo a filosofia natural. Tratava-se, na realidade, de uma tradução de Albrecht von Haller de outro texto, publicado originalmente em francês, que comentava sobre os experimentos de Bose e outros alemães.[65]

A *Library Company* assinava a revista, de modo que antes de Collinson, o texto provavelmente já havia sido lido pelos seus membros, incluindo o próprio Franklin. Além disso, esse mesmo texto fora publicado na colônia, em Boston, no mesmo ano, na *American Magazine and Historical Chronicle* (Revista e Crônica Histórica Americana). Sem dúvida, Franklin o conhecia. Ecos dessa leitura prévia podem ser notados nos termos que ele utilizou em suas primeiras cartas a Collinson, muito semelhantes aos presentes no artigo.[66] É provável que Franklin tenha se confundido, misturando sua leitura individual do texto com o envio do tubo por Collinson ou que este último tenha enviado uma descrição própria dos "experimentos alemães".[67]

Nessas primeiras comunicações, Franklin pareceu alheio a alguns temas mais complexos da filosofia natural, por exemplo, a vertente materialista surgida a partir da década de 1740.[68] Por outro lado, ele e seus associados seguramente não eram ignorantes na área, pois provavelmente conheciam as contribuições de filósofos naturais anteriores, como 'sGravesande ou Musschenbroek, embora aparentemente

[65] Heilbron, 1979, p. 325.

[66] Heilbron, 1977, p. 542.

[67] Cohen, 1990, p. 62.

[68] Nesse período, reavivou-se um interesse nas concepções de éter descritas por Newton nas "Questões" do *Óptica*, em oposição à sua dinâmica de forças, hegemônica até então. Ver Schofield (1970).

não conheciam as contribuições de Watson, então líder das pesquisas em eletricidade na Grã-Bretanha. Heilbron atribui a originalidade dos primeiros relatos de Franklin a esse desconhecimento do contexto europeu.[69]

De todo modo, não é arriscado afirmar que, por qualquer um dos possíveis incentivadores – Spencer, Collinson ou filósofos naturais anteriores –, Franklin dedicou-se à eletricidade entre 1743 e 1747. Segundo ele, "por muita prática",[70] começou a realizar avidamente experimentos elétricos, buscando compreender as principais propriedades da eletricidade.

A primeira carta enviada a Collinson data de 28 de março de 1747. A segunda data de 11 de julho do mesmo ano, contendo um detalhamento das ideias e dos experimentos realizados por ele e seus associados. Em setembro, em outra comunicação a Collinson, descreveu onze experimentos, discutindo essencialmente o comportamento da eletricidade em uma garrafa de Leiden. Mais tarde, enviou outras descrições, complementando a análise anterior. Ainda comentou sobre a formação das tempestades com raios e trovões, buscando unir suas ideias sobre a interação entre a matéria elétrica e a comum para explicar um fenômeno de grandes proporções. A concepção final de Franklin sobre a eletricidade, suas propriedades e seus fenômenos veio com o texto "*Opinions and conjectures concerning the properties and effects of the electrical matter, arising from experiments and observations, made in Philadelphia, 1749*" (Opiniões e conjecturas sobre as propriedades e efeitos da matéria elétrica, advindas de experimentos e observações, feitas na Filadélfia, 1749).

As primeiras cartas de Franklin a Collinson chegaram ao conhecimento dos membros da *Royal Society* quase imediatamente. Em janeiro de 1748, Watson leu aos membros da sociedade a segunda carta de Franklin, contendo suas ideias sobre o poder de corpos pontudos e a concepção de eletricidade positiva e negativa. Watson, provavelmente percében-

[69] Heilbron, 1979, p. 329-330.
[70] Franklin, 1996, p. 121.

do que Franklin havia proposto ideias muito semelhantes às suas e que perderia a prioridade da descoberta, reagiu a essas afirmações dizendo que havia pensado antes na ideia de que os corpos poderiam ter diferentes densidades de eletricidade. Nos escritos publicados por ele, não há qualquer menção parecida, de modo que, se o fez, foi de maneira privada.[71] Até 1751, as demais cartas de Franklin a Collinson foram lidas e comentadas por Watson na *Royal Society*.[72]

Em 1751, essas primeiras comunicações foram reunidas por Collinson em um livro, publicado em Londres, sob o título *Experiments and observations on electricity, made at Philadelphia in America*. Outras duas partes, com outras cartas e comunicações, foram publicadas em 1753 e 1754.[73] Juntas, elas formam a primeira edição do livro de Franklin. O texto teve, ao todo, cinco edições em inglês, além de edições em francês, alemão e italiano, com adições e correções.[74] A primeira parte da primeira edição, publicada em 1751, continha quase todas as cartas descritas no parágrafo anterior, encerrando com o "Opiniões e conjecturas". Na quarta edição, organizada pelo próprio Franklin e publicada em 1769, a ordem das cartas foi revista e a primeira carta, de 28 de março de 1747, foi incluída, resultando na sequência descrita anteriormente. Salvo as cartas descrevendo experimentos com a garrafa de Leiden, todas as demais estão traduzidas nesse livro. Dessa forma, ao contrário do que geralmente se imagina, Franklin nunca publicou um tratado em eletricidade, sendo suas ideias propagadas no continente europeu por meio de suas cartas e de seus intermediários, principalmente Collinson. Esse fato não diminui a importância do trabalho de Franklin,

---

[71] Cohen, 1956, p. 443; Heilbron, 1979, p. 344.

[72] Cohen, 1956, p. 458-467.

[73] A publicação em partes se repetiu na segunda (1754, em dois momentos) e na terceira (1760 e 1765) edições. A quarta e a quinta edições foram publicadas como um texto único. Ver Cohen (1941).

[74] As datas das primeiras cartas de Franklin sofreram algumas correções após a primeira edição do *Experiments and observations*. As descritas na Apresentação são as da versão de 1769, a primeira editada por Franklin. Para outros detalhes, ver Philbrick (1953).

uma vez que enviar cartas, tê-las lidas por correspondentes e receber respostas significava, àquela época, fazer parte da comunidade que produzia ativamente conhecimento sobre o mundo natural.

No *Experiments and observations* estão todas as célebres proposições de Franklin sobre a eletricidade. Adotando a teoria de um único fluido elétrico, ele discutiu o poder das pontas em "extrair" e "lançar" fogo elétrico, abordou a eletrização "mais" e "menos" ou "positiva" e "negativa", especulou sobre a existência de uma atmosfera elétrica ao redor dos corpos eletrizados, comentou sobre a natureza elétrica dos raios, sugeriu que a matéria elétrica pudesse ser sempre conservada, ou seja, nunca criada ou destruída, especulou sobre a composição da matéria, elétrica ou comum, entre outros tópicos. Sobre a garrafa de Leiden recém-construída, Franklin propôs que seu interior tinha excesso de fluido elétrico (positivo), enquanto seu exterior uma escassez (negativo), visto que havia sido aterrado. Esse equilíbrio não poderia ser restaurado, pois, para ele, o vidro seria impermeável ao fluido elétrico, embora o contivesse. O reequilíbrio só ocorreria quando um material condutor colocasse em contato o revestimento externo e o interno.[75]

O livro de Franklin foi bem recebido pelos seus coetâneos da metrópole. No mesmo ano da publicação da primeira parte da primeira edição, Watson publicou uma resenha favorável ao texto, destacando a variedade de experimentos e a habilidade do estadunidense em comunicá-los. Ao final, mesmo apontando que discordava de alguns conceitos propostos por Franklin, enalteceu as qualidades do trabalho:

> De maneira geral, [o] Sr. Franklin parece ser no trabalho diante de nós um homem muito engenhoso e hábil; que tem uma mente para conceber e uma mão para pôr em execução, o que quer que ache que possa ser conduzido para iluminar o assunto em questão [...].[76]

---

[75] Ver o Capítulo 3, Seção 3.4.

[76] Watson, 1751-1752, p. 210.

Franklin respondeu a Watson, pela primeira vez, em 1754, agradecendo pela revisão "muito cândida e favorável" de seu trabalho.[77] Curiosamente, em sua autobiografia, Franklin demonstrou ter ficado um tanto ressentido pela recepção de suas teorias na Grã-Bretanha. Ele mencionou que, em um primeiro momento, nenhuma de suas cartas foi considerada de muito "valor" para publicação nas *Philosophical Transactions* da *Royal Society* e que muitos riram de suas ideias.[78]

Uma das incentivadoras das ideias de Franklin na Europa foi a comunidade de filósofos naturais de um país do outro lado do Canal da Mancha: a França. Nas terras francesas, o *Experiments and observations* pode ter tido a sorte de ter caído nas mãos de George-Louis Leclerc, o conde de Buffon. Por intermédio de Collinson ou mesmo por acaso, Buffon viu nas cartas de Franklin uma sistematização que almejava para os fenômenos elétricos, superando o amadorismo que ele identificava recorrentemente nos estudos na área.[79] Além disso, Buffon nutria uma inimizade com René de Réaumur, mentor de Nollet, cujas ideias imperavam na França e em boa parte da Europa até então. Buffon provavelmente considerou as concepções de Franklin excelentes contraposições às de Nollet, e patrocinou a tradução da primeira parte de seu livro para o francês, feita por T. F. D'Alibard e publicada em 1752. D'Alibard ainda escreveu uma introdução ao livro, intitulada *Histoire abrégée de l'électricité* (História concisa da eletricidade), em que ignorou a contribuição de Nollet.[80]

[77] Cohen, 1956, p. 502. A carta de Franklin a Watson não foi publicada na época.

[78] Franklin, 1996, p. 121.

[79] Cohen, 2007, p. 849.

[80] Heilbron, 1979, p. 348.

Figura 4 – Experimento de Franklin reproduzido por D'Alibard na cidade de Marly, França, em 1752.

Fonte: Figuier (1870, p. 291).

A tradução do *Experiments and Observations* para o francês foi acompanhada de uma reprodução bem-sucedida do experimento da guarita, sugerido por Franklin no ensaio "Opiniões e conjecturas".[81] O experimento tinha a intenção de verificar se havia fogo elétrico em nuvens de temporais com raios e trovões. A proposta era erguer uma haste metálica pontuda a partir de uma guarita colocada no topo de um prédio alto, onde um homem sobre um suporte isolante poderia visualizar faíscas elétricas à medida que aproximava um outro corpo metálico à parte inferior da haste.

A suposição de Franklin era que a haste pontuda extraísse fogo elétrico das nuvens carregadas, o que seria constatado pelas faíscas observadas pelo homem na guarita. A reprodução francesa foi feita no início de maio de 1752 e logo seus resultados favoráveis se espalharam por todo continente europeu. É importante ressaltar que o experimento pressupunha a aproximação de uma nuvem carregada, não a incidência de um raio. Caso isso ocorresse, o experimentador seria imediatamente eletrocutado. Algo semelhante aconteceu com Georg Wilhelm Richmann (1711-1753), morto após tentar reproduzir o experimento de Franklin em São Petersburgo,[82] o que diminuiu um pouco o entusiasmo criado após os experimentos franceses. [83]

---

[81] Veja o Capítulo 3, seção 3.4.

[82] No entanto, Richmann realizou o experimento estando sobre o chão, e não sobre um suporte isolante (COHEN, 1990, p. 85).

[83] Heilbron, 1979, p. 352.

Figura 5 – Morte de Richmann, após ser eletrocutado por um raio.
Fonte: Figuier (1870, p. 293).

Nollet foi um dos mais desafiados pela chegada das ideias de Franklin à Europa. Aceito por grande parte da comunidade de filósofos naturais da época desde, pelo menos, 1745, ele contestou vários aspectos do *Experiments and observations*, a fim de preservar a hegemonia de suas concepções. Em um primeiro momento, ele chegou a pensar que Franklin seria uma invenção de Buffon para atacá-lo. Franklin, em sua autobiografia, comentou sobre esse curioso episódio:

> A publicação [do *Experiments and observations*] ofendeu o Abade Nollet, preceptor na Filosofia Natural à família real [francesa] e um hábil experimentador, que havia formulado e publicado uma teoria de eletricidade que tinha aceitação geral. Ele não pôde acreditar no início que tal trabalho vinha da América, e disse que deveria ter sido fabricado por seus inimigos em Paris, para depreciar seu sistema.[84]

Nollet apressou-se em desconstruir os argumentos de Franklin que contrapunham sua teoria. Dentre as várias proposições do último, estava a ideia de que o vidro seria impermeável ao fluido elétrico. Nollet propôs alguns experimentos que, segundo ele, mostravam as correntes afluentes e efluentes da matéria elétrica atravessando o vidro. Para explicar o efeito da garrafa de Leiden, ele propôs um tipo de conflito entre essas correntes emitidas pela garrafa, pela água que a preenchia e pelo seu revestimento externo.[85] Não havia, nesse sentido, falta ou excesso de eletricidade, como defendia Franklin. No entanto, logo surgiram defensores do estadunidense, tais como o abade italiano Giambattista Beccaria e o francês Jean-Baptiste Le Roy, que prontamente responderam às principais críticas de Nollet. Beccaria, por exemplo, chegou a mostrar que Nollet não compreendeu certos pontos das teorias de Franklin.[86]

Franklin nunca respondeu diretamente às críticas de Nollet. Em sua autobiografia, ele afirmou que as respostas poderiam ser facilmente mal compreendidas, devido às necessárias traduções do inglês para o francês, e que não gostaria de mergulhar em controvérsias. Seus "trabalhos defendiam-se por si mesmos".[87] Watson, que aceitou as ideias de Nollet e recebeu positivamente o trabalho de Franklin, também não

---

[84] Franklin, 1996, p. 122.

[85] Heilbron, 1979, p. 321-322, 356.

[86] Cohen, 1956, p. 508; Heilbron, 1979, p. 359.

[87] Franklin, 1996, p. 122.

criticou ou defendeu abertamente nenhum dos dois.[88] No fim, a contenda entre as duas concepções parece ter servido mais a Franklin que Nollet, impulsionando a leitura das obras do primeiro e sua gradual e crescente aceitação nos círculos filosóficos da Europa do século XVIII.[89]

Os anos seguintes à publicação do *Experiments and observations* e à reprodução do experimento da guarita pelos franceses foram muito favoráveis a Franklin. Em 1753, ele recebeu a medalha Copley da *Royal Society* pelas suas contribuições ao campo da eletricidade. Três anos depois, foi eleito membro da sociedade. Seu nome ficou conhecido no continente e ganhou um público cativo, que sempre buscou se atualizar de suas novas proposições.[90] Ao longo da década de 1750, ele continuou se correspondendo com Collinson e outros amigos, e suas comunicações começaram a aparecer com mais frequência nas *Philosophical Transactions* da *Royal Society*. Em 1752, por exemplo, foi publicada sua carta a Collinson acerca do experimento da pipa. O curto texto continha direções para construir uma pipa e, com ela, extrair fogo elétrico de nuvens eletrificadas em tempestades. Até os dias atuais, há dúvidas acerca do período em que Franklin teria realizado o experimento ou mesmo se o teria realizado, embora isso não tenha impedido que vários materiais didáticos e de divulgação transformassem o episódio na mais famosa anedota sobre o estadunidense.[91]

Em meio a essa trajetória bem-sucedida, ocorreram alguns percalços, embora não suficientes para abalar a imagem de filósofo natural exemplar atribuída a Franklin. Quando o experimento da guarita foi reproduzido pelos franceses e a notícia logo se espalhou, muitos tiveram receio dos efeitos que a eletricidade vinda das nuvens poderia causar. Em al-

---

[88] Cohen, 1956, p. 509.

[89] Cohen, p. 511.

[90] Cohen, p. 491.

[91] Silva e Pimentel, 2008. Esse assunto será retomado no Capítulo 3, seção 3.6, onde apresento a tradução dessa carta de Franklin.

guns países, como Suíça e Itália, hastes metálicas – que depois se transformariam nos conhecidos para-raios – foram derrubadas em meio ao preconceito popular. Em Boston, o reverendo Thomas Prince sugeriu que os raios poderiam ser acumulados no solo, ocasionando terremotos.[92] De outro lado, nos anos subsequentes, vários indivíduos pleitearam a prioridade na descoberta de fenômenos semelhantes aos que Franklin descreveu, bem como das ideias e experimentos por ele propostos. O francês Jacques de Romas foi um dos que reivindicou o experimento da pipa, no mesmo ano em que Franklin publicou sua carta nas *Philosophical Transactions*.[93] Além disso, alguns filósofos naturais buscaram revisar e ampliar conceitos de Franklin, como Canton e Franz Æpinus.

A partir da década de 1760, Franklin ficou menos ativo nas discussões sobre eletricidade. Isso é perceptível na edição de 1769 do *Experiments and observations*, em que há um grande número de cartas escritas até meados de 1755, em contraste com as poucas comunicações da década seguinte. Nesse período, Franklin começou a se dedicar a temas políticos, em virtude da crescente tensão entre a Grã-Bretanha e sua colônia na América. Ainda assim, escreveu pequenos ensaios sobre outros temas, como a luz e o calor.[94]

Mesmo não tão presente nos círculos acadêmicos, Franklin ganhou enorme destaque na primeira publicação historiográfica sobre eletricidade: o livro *The History and Present State of Discoveries of Electricity* (A história e estado atual das descobertas em eletricidade), de Joseph Priestley (1733-1804), publicado em 1767. Dois anos antes, Priestley foi apresentado a Franklin e a alguns de apoiadores – Canton, por exemplo –, em Londres. Na ocasião, ele mencionou ao estadunidense a intenção de escrever um livro sobre as descobertas em eletricidade.[95] Logo que retornou da capital inglesa, Priestley

---

[92] Cohen, 1956, p. 511.

[93] Cohen, 1990, p. 100-108.

[94] Veja o Capítulo 3, seção 3.7.

[95] Priestley e Priestley Jr., 1806, p. 50.

começou a escrever o material, contando com o suporte de Franklin para obter as fontes que precisava.[96] Alguns meses depois, já possuía um esboço do texto para mostrar a amigos próximos. Dentre os pontos altos do livro, estavam os experimentos originais e a grande ênfase dada a Franklin e suas ideias. O texto não foi apenas uma fonte historiográfica, mas uma forte defesa às contribuições de Franklin e de seus apoiadores para o desenvolvimento da eletricidade no século XVIII.[97] O resultado foi uma obra bem-sucedida, com quatro edições seguintes e traduções para o francês e o alemão.[98]

As ideias de Franklin para a eletricidade marcaram toda uma geração de filósofos naturais europeus e estadunidenses. Embora, atualmente, muitas delas sejam consideradas obsoletas, termos e inventos propostos por Franklin permanecem nos nossos dicionários e manuais científicos, demonstrando a grande influência que seus escritos, de reflexões de um principiante a teorias bem estruturadas, exerceram sobre os estudos em eletricidade produzidos do século XVIII em diante.

---

[96] Priestley, 1767, p. viii; Schofield, 1997, p. 142.

[97] Por essa descrição enviesada, o livro chegou a ser criticado no continente. Ver Schofield (1997, p. 146).

[98] O sucesso do livro foi tão grande que motivou Priestley a escrever outro texto historiográfico, o *The history and present state of discoveries relating to vision, light and colours* (A história e o estado atual das descobertas relacionadas à visão, luz e cores), publicado em 1772. De forma análoga ao que fez com Franklin no *The history of electricity*, Priestley colocou como ponto de referência em seu texto sobre a história da óptica as descobertas e teorias de Newton. Sua intenção era escrever vários outros livros do mesmo tipo, montando uma história completa da filosofia natural até o século XVIII. A trajetória do livro não foi, contudo, tão afortunada quanto a do primeiro, fazendo com Priestley abandonasse seu projeto. Curiosamente, no livro de 1772, Priestley ignorou as críticas de Franklin à concepção corpuscular e sua afeição a uma concepção ondulatória para a luz. Ver Schofield (1997, p. 240-249) e Moura (2018).

Capítulo 2
Benjamin Franklin e a Luz

Quando Franklin escreveu sobre a luz, na segunda metade do século XVIII, os estudos em óptica na Grã-Bretanha estavam consolidados e usufruíam de longa tradição entre os filósofos naturais. Nesse período, os principais fenômenos ópticos estavam explicados satisfatoriamente e havia um significativo histórico de estudos na área, estabelecido por figuras importantes, como Johannes Kepler, Descartes, Hooke e Christiaan Huygens, além do próprio Newton.

Podemos dizer que o *Óptica* de Newton[99] encerrou essa fase efervescente da óptica no século XVII. O livro divergiu do pensamento cartesiano e das correntes derivadas dele, que propunham a luz como uma pressão, vibração ou pulso propagado por um meio, geralmente o meio etéreo. Newton, por outro lado, adotou implicitamente uma concepção corpuscular, e partindo de um viés indutivista, ressaltou como era possível obter conhecimento verdadeiro sobre a luz somente pelas conclusões tiradas de experimentos. Publicado em 1704, o *Óptica* fez enorme sucesso não apenas nas ilhas britânicas, como também na parte continental da Europa. Ao longo do século XVIII, teve quatro edições em inglês (1704, 1717-1718, 1721 e 1730), duas em latim (1706 e 1719) e duas em francês (1720 e 1721). Na França, por exemplo, o *Óptica* foi uma das principais e mais importantes vias de entrada do Newtonia-

[99] Newton, 1996.

nismo, desconstruindo, gradualmente, o pensamento cartesiano dominante.[100]

O Livro I do *Óptica* foi sua principal propaganda do sucesso do método indutivo. Seguindo essas diretrizes metodológicas, ele conduziu a maior parte de seu raciocínio nesse livro a partir de um grande número de observações experimentais e das alegadas conclusões que elas trariam. Com isso, para ele, estava demonstrado, por exemplo, que a luz branca era uma mistura heterogênea de raios coloridos e que cada uma das cores possuía um grau de refração específico. Todas as concepções anteriores, que admitiam a luz como algo simples, homogêneo e modificado pelo prisma estariam incorretas, uma vez que as conclusões das observações experimentais levariam naturalmente à conclusão proposta por ele. É verdade que os outros dois livros do *Óptica* não seguiram à risca o viés indutivista, com Newton elaborando implicitamente várias hipóteses que não tinham origem experimental para explicar os fenômenos que ali descreveu. Porém, isso não foi um problema para seus seguidores do século XVIII.[101]

Os filósofos naturais do século XVIII abraçaram a causa indutivista do *Óptica*. Ao longo desse século, vários newtonianos reafirmaram a importância de Newton para a construção de um verdadeiro método para obter conhecimento do mundo natural, eliminando as indesejáveis hipóteses e especulações advindas de ideias como as cartesianas. Mais que os

---

[100] Guerlac, 1981, p. 63.

[101] Possivelmente, o caso mais evidente seja a da relação ente os anéis coloridos em filmes finos e as cores dos corpos naturais. Newton propôs que a espessura do filme que produzia uma determinada cor tinha o mesmo tamanho que uma partícula de um corpo natural que mostrava aquela cor. Segundo Shapiro (1993, p. 40-48), ao estabelecer essa relação, Newton adotou um método especulativo chamado "transdução", uma vez que ele não poderia determinar experimentalmente o tamanho das partículas dos corpos. Outro caso que chama atenção é o das diferentes origens para os estados de fácil transmissão e reflexão. Em alguns momentos, Newton afirmou que os raios de luz apresentariam esses estados logo após sua emissão dos corpos luminosos, para logo em frente afirmar que eles apareceriam apenas quando o raio atingisse um corpo refrator (MOURA; SILVA, 2008).

Principia, o livro de Newton em mecânica,[102] o *Óptica* trouxe o argumento definitivo para solidificar seu nome como a principal referência em filosofia natural. Todos queriam, no fim das contas, ser Newtonianos.[103]

Quanto à natureza da luz, os newtonianos não foram comedidos. Embora Newton não tenha defendido abertamente a materialidade da luz, seus seguidores não tiveram receio em dizer que ele o havia feito. John Harris, por exemplo, ao publicar seu *Lexicon Technicum* (1705) – um dos primeiros dicionários científicos –, afirmou, no verbete *Luz*, que "os raios de luz são certamente pequenas partículas, realmente emitidas pelo corpo luminoso [...]",[104] possivelmente em uma reformulação de uma das "Questões" do Livro III do *Óptica*. Essa tendência se propagou ao longo do século, com vários newtonianos não só associando Newton diretamente à concepção corpuscular, como aprimorando modelos mecânicos para explicar a interação entre a luz e os corpos.[105]

No início de seu envolvimento com a filosofia natural, por volta da década de 1740, Franklin provavelmente leu o *Óptica*[106] e diversos outros autores influenciados pelas doutrinas newtonianas. Um deles foi Pemberton, editor da terceira edição dos *Principia* de Newton. Em 1728, ele publicou a obra *A view of Sir Isaac Newton's philosophy* (Um exame da filosofia de Sir Isaac Newton). O texto havia sido enviado por Collinson à *Library Company* nos anos iniciais de sua fundação, com o intuito de estimular o interesse do grupo de Franklin pela filosofia natural.[107] O livro apresentou em linhas gerais os principais aspectos da filosofia natural

---

[102] Newton, 2008a; 2008b.

[103] Um exemplo desse movimento pode ser visto no livro de Francesco Algarotti (1712-1764), intitulado *Newtonianismo para as Damas* (1737). A Dama, após ser apresentada aos principais conceitos de Newton, vangloriava-se de ter se tornado uma verdadeira Newtoniana (MOURA; SILVA, 2015).

[104] Harris, 1723, verb. "Light", s.p.

[105] Moura; Silva, 2010.

[106] Cohen, 1956, p. 206.

[107] Cohen, p. 209.

newtoniana, especialmente aqueles contidos nos *Principia* e no *Óptica*. Pemberton basicamente reproduziu os argumentos de Newton, reforçando a ideia de que ele havia provado suas proposições por meio de experimentos. Em geral, ele seguiu a linha de outros popularizadores de Newton, como Voltaire, divulgando as principais ideias sem um exame mais crítico. Pelo fato de Pemberton ter escrito o texto ainda quando Newton era vivo, é provável que este último tenha aprovado ao menos sua composição inicial, publicada um ano depois de sua morte.[108] Nesse sentido, Franklin seguramente obteve do livro de Pemberton uma visão geral da óptica newtoniana.

Outro newtoniano lido por Franklin foi Desaguliers, notável conferencista do início do século XVIII. Nas primeiras décadas desse século, as conferências populares tornaram-se um caminho para aproximar a filosofia natural de um público leigo, não acadêmico. Por meio de experimentos de fácil manuseio e entendimento, elas apresentavam os principais conceitos vigentes, atraindo a atenção de uma audiência curiosa.[109] Adepto e importante defensor das ideias de Newton, Desaguliers incorporou em suas conferências informações práticas da filosofia natural – como o uso de lentes para corrigir a visão – com discussões sobre o funcionamento da natureza.[110] Seus cursos eram frequentados pelos mais variados tipos de pessoas, dentre clérigos, artesãos, nobres etc. e tornaram-se um modelo para as conferências populares no período.[111]

Por volta de 1744, Franklin supostamente teria iniciado a leitura do *A course of experimental philosophy* (Um curso de filosofia experimental) de Desaguliers, um de seus trabalhos mais relevantes, cujo segundo volume havia acabado de ser publicado – o primeiro fora lançado dez anos antes. Composto de doze aulas, seguidas de anotações, o texto discutiu os

[108] Cohen, p. 210.

[109] Turner, 2003, p. 521-522.

[110] Cantor, 1983, p. 44.

[111] Hans, 1998, p. 140-141; Soares, 2016.

principais assuntos da filosofia natural da época, fortemente baseada em Newton, descreveu experimentos e os ilustrou por meio de dezenas de figuras de aparatos e instrumentos.[112] Certamente, o apelo visual dado por Desaguliers chamou a atenção de Franklin, que encontrou no texto não somente a exposição do autor sobre conceitos fundamentais do pensamento newtoniano, como também ideias a respeito da eletricidade. Franklin parece ter nutrido tanta afinidade com o autor e sua obra que adquiriu uma cópia da edição de 1745 para o acervo da *Library Company*.[113]

Um terceiro newtoniano lido por Franklin foi o filósofo natural holandês 'sGravesande, expoente da filosofia natural newtoniana no continente.[114] Seu livro, *Mathematical elements of natural philosophy* (Elementos matemáticos da filosofia natural), traduzido para o inglês por Desaguliers, tornou-se uma das mais importantes obras de filosofia natural na Grã-Bretanha do século XVIII.[115] Nele, 'sGravesande não apenas expôs o cerne das doutrinas de Newton em mecânica e óptica, como também avançou em alguns pontos. Sobre a luz, por exemplo, desenvolveu um modelo mecânico para explicar os fenômenos da refração e reflexão, com base na ideia de que entre dois meios de densidade diferentes haveria um "espaço de atração", onde uma força do meio mais denso agiria sobre os raios de luz, desviando-os de suas trajetórias originais e os refratando ou o refletindo.[116]

Franklin adquiriu uma cópia da sexta edição do texto de 'sGravesande por volta de 1747. Na *Library Company*, uma cópia já existia desde, pelo menos, 1732.[117] No *Mathematical elements*, Franklin pode ter aprendido a associar a luz ao fogo, algo que provavelmente leu em outros materiais que obteve

[112] Carpenter, 2011, p. 181.

[113] Cohen, 1956, p. 246.

[114] Maas, 2012.

[115] Cantor, 1983, p. 35.

[116] Moura; Silva, 2010.

[117] Cohen, 1956, p. 235.

na época, tais como os trabalhos de Herman Boerhaave e Nicolas Gauger. A leitura do *Óptica* e dos trabalhos de newtonianos foi importante para consolidar em Franklin a importância do caráter experimental da filosofia natural. Realizar experimentos e obter deles a correta interpretação da natureza seguiu sendo o parâmetro adotado por ele no desenvolvimento de seus estudos.

Curiosamente, mesmo Newton sendo seu mentor intelectual, a concepção corpuscular que implicitamente defendia não convenceu Franklin. Na década de 1740, havia pouca resistência à ideia de luz como pequenos corpúsculos, exceto por alguns dissidentes, como Leonhard Euler e Claude Le Cat. Esses autores buscaram expor pontos fracos da concepção corpuscular, afirmando que uma concepção vibracional seria a mais correta para interpretar os fenômenos ópticos. Dentre os pontos fracos, estavam, segundo eles, a imensa velocidade da luz e os inevitáveis choques entre os corpúsculos luminosos, o que ocasionaria uma grande confusão em suas trajetórias.

Franklin fez parte dessa dissidência. Ele foi contra a ideia de corpúsculos de luz, argumentando, por exemplo, que o Sol perderia massa e poderia se extinguir. A carta, enviada a Cadwallader Colden, em que ele comentou essa questão está traduzida neste livro. Talvez influenciado pelos estudos em eletricidade e pensando em uma unidade de todos os fenômenos da natureza, Franklin pensava ser incoerente admitir que a luz fosse um corpúsculo, enquanto outros fenômenos eram atribuídos a fluidos imponderáveis, como os da eletricidade.

No entanto, mesmo que tenha se posicionado contra uma concepção corpuscular, Franklin não escreveu textos extensos sobre a luz. Em uma carta anterior a Collinson, Franklin sugeriu que a luz produzida por uma vela poderia não ser igual àquela produzida pelo Sol, dadas as diferentes interações com o fluido elétrico.[118] Outro relato semelhante é encontrado no livro *The history and present state of discoveries*

---

[118] Ver Capítulo 3, seção 3.2.

relating to vision, light and colours (A história e o estado atual das descobertas relacionadas à visão, luz e cores) de Priestley, publicado em 1772. Nele, Priestley afirma que Franklin havia mostrado que duas chamas de duas velas, quando unidas, forneciam muito mais luz e calor que quando separadas. Priestley concluiu que isso mostraria a incidência de mais partículas de luz, uma concepção que Franklin possivelmente não teria. Na pesquisa que originou este livro, pude identificar apenas dois trabalhos em que ele aborda o tema com mais detalhes: a carta a Colden e um pequeno ensaio publicado postumamente nas *Transactions of the American Philosophical Society* (Transações da Sociedade Filosófica Americana), em 1793. Os dois textos estão traduzidos neste livro. Em geral, Franklin mencionava os fenômenos luminosos como efeitos paralelos da eletricidade, dedicando-se mais a estabelecer as propriedades da segunda que da primeira, sem definir a natureza da luz.

Capítulo 3
Traduções

Nas seções a seguir, apresento as traduções de sete fontes primárias de Franklin sobre a eletricidade e a luz. As fontes foram obtidas a partir de versões digitalizadas do livro *Experiments and observations* (edição de 1769) e das *Transactions of the American Philosophical Society* (1793). Ambos os materiais podem ser facilmente encontrados em bancos de dados na internet.[119] No caso da carta a John Mitchel (Observações e suposições, para a formação de uma hipótese para explicar os diversos fenômenos dos temporais com raios e trovões, seção 3.3), uma primeira versão da tradução foi publicada em Moura e Bonfim (2017). A versão presente neste livro foi autorizada pelos editores do periódico. As traduções de outras três cartas sobre eletricidade (seções 3.1, 3.2 e 3.4) tiveram a colaboração de Thátyusce Bonfim. As traduções da carta sobre a pipa e das duas comunicações sobre a luz foram realizadas integralmente por mim.

Em todas as traduções, procurou-se manter o estilo e a estrutura do texto original de Franklin. Contudo, como se tratam de escritos do século XVIII, algumas alterações foram necessárias, sobretudo para dar fluidez à leitura e evitar uma compreensão errônea das ideias do autor. Dentre as mudanças mais importantes, destaco a substituição, em alguns tre-

[119] Por exemplo, o *Google Books* (<www.google.com/books>, acesso em: mai. 2018) ou o *Internet Archive* (<www.archive.org>, acesso em: mai. 2018).

chos, dos sinais de ponto e vírgula (;) e dois pontos (:) por ponto final (.) ou mesmo vírgula apenas (,). Franklin utilizou em demasia os dois primeiros sinais para encerrar um argumento, de modo que mantê-los na tradução poderia gerar uma interpretação distorcida do seu texto. Além disso, foram indicadas entre colchetes as páginas originais dos textos. Sendo assim, o leitor pode facilmente comparar o original com a tradução. Em relação às figuras, todas aquelas disponíveis nos textos originais foram incluídas. O leitor perceberá que Franklin inseriu poucas figuras em seus escritos.[120]

Nas sete fontes traduzidas, encontrei termos que não possuem uma tradução direta para o português ou cuja tradução direta não representa o sentido original de Franklin. Nesses casos, foram inseridas notas de rodapé indicando o termo original e a razão para a tradução escolhida. Além disso, a tradução de alguns termos envolveu uma pesquisa mais detalhada sobre seus significados para a época e para Franklin. "Espíritos", por exemplo, foi utilizado por Franklin num sentido genérico, como algo excitado nos corpos pela eletricidade, podendo significar, inclusive, faíscas. O mesmo para "fogo", que poderia ser utilizado para se referir não apenas a algo que faz queimar, mas também a uma matéria inerente aos corpos, luz, eletricidade, calor, paixão etc.[121]

Três casos merecem uma discussão específica. O primeiro deles envolve os termos "elétricos" e "não elétrico" que foram empregados frequentemente por Franklin em seus escritos. No século XVIII, os corpos ditos elétricos eram aqueles capazes de manifestar os fenômenos da eletricidade, como atração, repulsão, choques ou faíscas. Um tubo de vidro atritado, por exemplo, era um corpo elétrico. Essa denomi-

---

[120] Nesse sentido, indico a consulta ao site *Benjamin Franklin and Electrostatics* (<http://psrc.aapt.org/Franklin>, acesso em: mai. 2018), que oferece uma discussão, passo a passo, dos experimentos de Franklin, com o auxílio de várias figuras.

[121] A esse respeito, veja a influência da concepção de fogo de Boerhaave sobre o trabalho de Franklin e de outros filósofos naturais do século XVIII em Cohen (1956, p. 226-234).

nação teve origem no início do século anterior, com Gilbert, que empregou o termo eletricidade e elétrico para designar corpos que tinham comportamento parecido ao do âmbar.[122] Por consequência, os corpos que não tinham esse comportamento eram chamados de não elétricos. Uma barra metálica era um tipo de não elétrico. Com o passar das décadas e com o desenvolvimento dos estudos em eletricidade, esses termos foram ficando mais definidos, expandindo a definição inicial de Gilbert. Posteriormente, já no século XVIII, foram introduzidos por Desaguliers os termos "condutor" e "não condutor" de eletricidade.[123] Grosseiramente, podemos dizer que os elétricos eram os corpos que hoje chamamos de isolantes e os não elétricos os condutores, e é assim que eles devem ser entendidos nas traduções a seguir.

Franklin também adotou diferentes palavras para discutir a causa da eletricidade: "fogo elétrico", "fluido elétrico" e "matéria elétrica". Em seus escritos, ele não mencionou uma eventual distinção entre elas, o que nos leva a supor que ele, assim como muitos outros filósofos naturais do século XVIII, utilizou as três para denominar a substância que originava os efeitos da eletricidade. Nesse período, era comum que se pensasse na eletricidade como um fluido composto de partículas elásticas e sutis que pudesse passar ou ser retido pelos corpos.[124] Outras expressões parecidas que podemos encontrar em trabalhos da época são "virtude elétrica" ou "eflúvio elétrico". As variações nos termos utilizados são um retrato do próprio momento, em que a eletricidade ainda começava a atrair a atenção de filósofos naturais e se consolidar como área independente de investigação. Para Franklin, especificamente, uma diferença importante era que a matéria elétrica se distinguia da matéria comum – da qual os corpos são formados – pelo fato de que partículas da primeira se repeliam mutuamente e partículas da segunda se atraíam mutuamen-

[122] Whittaker, 1951, p. 35; Heilbron, 1979, p. 169.
[123] Whittaker, 1951, p. 42.
[124] Schofield, 1970, p. 157.

te, enquanto partículas de matéria elétrica seriam fortemente atraídas pelas partículas de matéria comum. Por isso, a concepção de Franklin afastou-se de algumas ideias da época que associavam a eletricidade ao fogo comum, dando a ela uma matéria com características e comportamentos próprios.[125]

O terceiro caso refere-se aos termos "eletrizar" e "eletrificar". Na segunda carta a Collinson, onde Franklin descreveu os resultados de seus primeiros experimentos em eletricidade,[126] ele adotou o verbo *electrise*, uma derivação de *electrize*, de uso raro em língua inglesa. Trata-se de uma influência direta da leitura que Franklin fez à época da tradução de Haller de um texto em francês, a respeito de experimentos elétricos alemães.[127] Haller traduziu o verbo em francês *eléctriser* para *electrise*. Esse verbo não era adotado habitualmente no período.[128] Nos escritos seguintes, Franklin abandonou esse verbo e começou a utilizar o mais comum, *electrify*. Em uma tradução literal, utilizaríamos eletrizar para *electrise* e eletrificar para *electrify*. Entretanto, essa tradução não reflete o sentido do termo utilizado por Franklin e por outros filósofos naturais do século XVIII. Em português, eletrificar significa, de maneira geral, prover de energia elétrica. Eletrizar, por sua vez, remete a ser guarnecido ou munido de eletricidade, estando mais próximo ao que Franklin e seus coetâneos pensavam. Por essa razão, os dois verbos – *eletrise* e *electrify* – foram traduzidos para eletrizar.

Para facilitar a compreensão desses e de outros aspectos dos escritos de Franklin, todas as traduções são precedidas por uma introdução, discutindo os principais assuntos da fonte primária. Em casos pontuais, foram introduzidas notas explicativas, numeradas, a fim de dirimir eventuais dúvidas dos leitores, e termos entre colchetes, para completar uma frase ou facilitar sua compreensão. As notas de rodapé indicadas por símbolos ou letras são do próprio Franklin.

---

125 Cohen, 1956, p. 467; Schofield, 1970, p. 172-173.

126 Ver Capítulo 3, seção 3.2.

127 Ver Capítulo 1.

128 Heilbron, 1979, p. 325.

3.1. Primeira carta de Benjamin Franklin a Peter Collinson, de 28 de março de 1747, comunicando o recebimento de um tubo de vidro para realizar experimentos em eletricidade

A primeira carta de Franklin a Collinson apresenta apenas a intenção do primeiro em comunicar, em outro momento, o resultado de alguns experimentos elétricos. Essa carta não foi inserida nas primeiras três edições do *Experiments and observations*. Pelo termo "extrato", suponho que há outros trechos não publicados. Provavelmente, Franklin decidiu incluir partes dessa carta na versão do livro que ele mesmo editou em 1769 como uma maneira de indicar que ele já havia se comunicado com Collinson antes do envio da segunda carta, de 11 de julho de 1747.

Trata-se de um texto curto, com poucas informações. Franklin agradeceu a Collinson pelo envio de um tubo de vidro e afirmou que o tema chamou a atenção de todos, sendo ele nunca antes tão "engajado" em um tópico particular. Ele reconheceu que suas incursões em eletricidade poderiam não ser tão novas a um europeu. Embora o relato seja bastante breve, é notável o entusiasmo de Franklin em investigar uma área em ascensão da filosofia natural do século XVIII.

Tradução[129]

EXTRATO DA CARTA I

DE

Benjamin Franklin, *Esq;* [130] na *Filadélfia*.

PARA

Peter Collinson, *Esq;* F.R.S.[131]*Londres*.

Filadélfia, 28 de *março* de 1747

SENHOR,

Seu gentil presente de um tubo elétrico, com instruções para usá-lo, colocou muitos de nós a fazer experimentos elétricos, nos quais observamos alguns fenômenos que aparentam ser novos. Portanto, devo comunicar-lhe sobre eles em minha próxima [carta],[132] embora provavelmente [p. 2] possam não ser novos para você, assim como [para] os tantos envolvidos diariamente naqueles experimentos no seu lado das águas; é provável que um ou outro tenha chegado às mesmas observações. Quanto a mim, nunca estive tão engajado em outro estudo que tomasse minha atenção e meu tempo como esse tem feito ultimamente; pois com o qual, fazendo experimentos quando consigo estar sozinho, e os repetindo para meus amigos e conhecidos, os quais, pela novidade do assunto, vêm continuamente em multidões para vê-los, tenho tido, nos meses passados, pouco tempo livre para qualquer outra coisa.

Eu sou, etc.

B. FRANKLIN

---

[129] A tradução teve a colaboração de Thátyusce Bonfim. O texto original pode ser consultado em Franklin (1769, p. 1-2).

[130] Abreviação para *esquire* (ilustríssimo senhor). A expressão era utilizada como um título de cortesia. Fonte: Online Etymology Dictionary (<http://www.etymonline.com/>, acesso em: dez. 2018).

[131] Abreviação para *Fellow of the Royal Society* (Membro da *Royal Society*).

[132] Veja o Capítulo 3, Seção 3.2.

3.2. Segunda carta de Benjamin Franklin a Peter Collinson, de 11 de julho de 1747, contendo suas primeiras ideias em eletricidade

A segunda comunicação de Franklin a Collinson apresentou as descrições dos experimentos e conclusões do grupo da Filadélfia. Tratou-se da primeira vez que Franklin tornou público, ao menos aos europeus, suas concepções sobre eletricidade e a de seus associados. Como apontei anteriormente, elas foram resultado, dentre outros possíveis fatores, da motivação iniciada pelo envio de um tubo vidro por Collinson a Franklin, junto com algumas instruções para realizar experimentos elétricos.

Nesse segundo texto, é possível encontrar pelo menos dois aspectos fundamentais da teoria de Franklin sobre a eletricidade: o poder das pontas[133] e a eletrização mais e menos ou positiva e negativa. Foi sobre essa égide que a argumentação do estadunidense foi construída e ampliada nas comunicações subsequentes.

Franklin descreveu o poder dos corpos pontudos em *extrair* e *lançar* fogo elétrico. Ele relatou um experimento em que uma pequena bola de cortiça seria repelida por um pequeno objeto metálico ("bala de ferro", como no texto original) colocado na boca de uma garrafa de vidro. Essa repelência era imediatamente extinta quando a lâmina de um punhal se aproximava, fazendo com que a bola de cortiça tocasse o objeto metálico e repousasse ao seu lado. Para Franklin, a lâmina, por ser pontuda, extraía o fogo elétrico dos corpos eletrizados. Na escuridão, era possível observar a emissão de luz, decorrente da descarga elétrica produzida. Por sua vez, se uma agulha fosse anexada ao objeto, ele não poderia ser eletrizado. Franklin concluiu que se tratava de um mecanismo oposto, dessa vez com a agulha lançando o fogo elétrico durante a eletrização do objeto.

Franklin relatou que o poder das pontas teria sido descoberto por Hopkinson, seu associado. Segundo Heilbron,

[133] Sobre o poder das pontas, consultar Assis (2018, p. 167-178).

Hopkinson pensou que um corpo pontudo afixado a um cano de arma suspenso por corpos isolantes poderia acumular fogo elétrico, disparando uma faísca mais intensa. Entretanto, o autor observou que, nessa configuração, a eletrização do cano não ocorria.[134]

O comportamento de corpos pontudos em um processo de eletrização não foi exatamente uma descoberta de Franklin ou de seus companheiros. Watson, por exemplo, já havia mencionado essa questão, em relatos à *Royal Society* no ano anterior.[135] Filósofos naturais predecessores também haviam notado ou descrito eventos semelhantes, como Gray, DuFay ou mesmo Guerick. No entanto, esses fenômenos eram considerados casos isolados, que não haviam sido analisados detalhadamente. Franklin, por outro lado, os incorporou a um arcabouço teórico único, aplicando o poder das pontas para explicar outros fenômenos, por exemplo, a descarga de raios entre as nuvens carregadas e o solo.[136]

O segundo aspecto fundamental da carta foi a eletrização mais e menos ou positiva e negativa. Franklin descreveu um experimento envolvendo três pessoas, duas delas isoladas do chão. Das duas que estavam isoladas, uma esfregava o tubo de vidro e a outra aproximava os nós de seus dedos a ele, sem tocar na primeira pessoa. Se essas pessoas tocassem a outra, que permaneceu no chão, uma faísca poderia ser observada, sendo ela ainda mais intensa se as duas pessoas isoladas se tocassem. Porém, se ambas as pessoas isoladas se tocassem durante a fricção do tubo, nenhuma faísca seria percebida.

Franklin explicou a situação da seguinte forma: a pessoa que esfregava o tubo perdia fluido elétrico, enquanto a outra pessoa o coletava do tubo. A situação resultante era, portanto, de falta de fluido em uma e excesso em outra. Quando qualquer uma delas tocasse uma pessoa neutra no chão, a diferença de eletricidade fazia com que houvesse uma

---

[134] Heilbron, 1979, p. 328.

[135] Cohen, 1956, p. 393.

[136] Cohen, p. 592-593.

redistribuição, gerando a faísca. Se as duas pessoas isoladas se tocassem, a faísca seria maior porque a diferença de fluido elétrico entre elas seria maior, se comparada com a pessoa neutra. Por isso, Franklin assumiu que a pessoa que esfregava o tubo estava eletrizada *negativamente* ou *menos*, pois ela perdeu fluido elétrico para o tubo, e que a pessoa que tocava o tubo estava eletrizada *positivamente* ou *mais*, estando com excesso de fluido elétrico. Se, durante a eletrização do tubo, as duas pessoas isoladas se tocassem, nada aconteceria, pois haveria apenas uma circulação do fluido. Com isso, Franklin chegou a uma conclusão fundamental: o fluido elétrico era um elemento comum às três pessoas, estando nelas em quantidades iguais e alterados somente por conta do processo de eletrização do tubo.

Novamente, argumentos semelhantes apareceram em textos anteriores, como os de Watson ou Bose. Em descrições antecedentes na *Sequência*, Watson já havia mencionado que os tubos funcionavam como bombas, sugando eletricidade do chão para corpos não elétricos (condutores) isolados. Delas, ele nada concluiu de relevante.[137] O próprio Franklin comentou em sua carta que Watson demonstrara algo similar, mas que se enganara nas suas conclusões. Como mencionado anteriormente, Watson respondeu a essas colocações, dando a entender que já havia pensado em algo semelhante, mesmo sem nenhuma evidência de que isso tenha sido feito em público.

Na carta, Franklin tratou ainda de outros fenômenos curiosos, como o beijo elétrico e a aranha falsa. No caso do primeiro, descrito inicialmente por Haller em sua exposição dos experimentos alemães,[138] duas pessoas, uma eletrizada e outra não, se beijavam, gerando uma faísca entre elas. Franklin utilizou a argumentação anterior sobre a circulação de fluido elétrico para explicar como o efeito poderia ser amplificado. Já a aranha falsa era composta de um pedaço de cortiça e pernas de fios de linho. Ela era colocada entre um

---

[137] Heilbron, 1979, p. 299, 329.

[138] Cohen, 1990, p. 53.

pequeno frasco de vidro carregado e um arame. Com o frasco eletrizado, a aranha era atraída para ele, o tocava, e então era repelida, indo em direção ao arame, onde o processo se repetia. Isso fazia com que a aranha falsa parecesse viva, indo de um lado a outro.

Nas discussões sobre a eletrização de pessoas, é possível observar o conceito de conservação de eletricidade. Pelo menos desde DuFay, a presença da matéria elétrica nos corpos era entendida como algo imutável e incorruptível pelos poderes do homem, independentemente da concepção adotada. Não obstante, Franklin parece ter sido o primeiro a empregar o conceito de forma sistemática, incluindo-o em explicações mais abrangentes sobre os fenômenos elétricos.[139]

De modo geral, a carta de Franklin é bem sucinta e direta. O autor deixou claro que muitas descrições poderiam não ser novas a Collinson, mas ressaltou não haver encontrado relatos precedentes de algumas proposições que fizera ao longo do texto. Adotando um estilo bastante descritivo e detalhista, Franklin foi hábil em destacar suas principais contribuições e a de seus colegas, mostrando um interesse crescente sobre os fenômenos da eletricidade. Embora tenha sido um relato inicial, de alguém que aparentemente começara a se dedicar à área havia pouco tempo, ele demonstrou conhecimento e desenvoltura para propor conclusões – novas ou não – acerca das observações que fez. Esse entusiasmo pareceu crescer nas cartas seguintes, em que Franklin desenvolveu ainda mais sua concepção sobre a eletricidade e seus fenômenos.

[139] Heilbron, 1979, p. 330.

Tradução[140]

CARTA II
DE
SR. BENJ. FRANKLIN, *Esq;* na *Filadélfia*.
PARA
PETER COLLINSON, *Esq;* F.R.S. *Londres*.

11 de *julho* de 1747[141]

SENHOR,

Em minha última [carta] eu lhe informei que, realizando nossas investigações em eletricidade, tínhamos observado alguns fenômenos particulares que aparentavam ser novos para nós, e sobre os quais prometi lhe dar uma descrição, embora soubesse que poderiam não ser novos para você, uma vez que muitas mãos são diariamente empregadas em experimentos elétricos em seu lado das águas, [sendo que] alguns ou outros provavelmente já devem ter chegado às mesmas observações.

O primeiro [fenômeno] é o maravilhoso efeito dos corpos pontudos, tanto em *extrair* quanto *lançar*[142] o fogo elétrico.

---

[140] A tradução teve a colaboração de Thátyusce Bonfim. O texto original pode ser consultado em Franklin (1769, p. 3-11).

[141] Segundo Cohen (1956, p. 436, nota §), a data de redação e envio desta carta não é conhecida com exatidão. Embora na versão de 1769 esteja a informação de que ela foi escrita em julho de 1747, versões anteriores indicam o mês de setembro do mesmo ano. Isso se deve ao fato de que era comum na época enviar cópias da mesma carta em datas diferentes, uma vez que elas poderiam ser perdidas durante a viagem entre a América e a Europa. Segundo o autor, a data de 11 de julho de 1747 para esta carta está de acordo com as anotações nos manuscritos de Franklin em sua cópia da primeira edição do livro.

[142] Os termos originais utilizados por Franklin foram *drawing off* e *throwing off*, traduzidos para "extrair" e "lançar", respectivamente. Nesse sentido, a diferença refere-se apenas à origem do fogo elétrico que passa pelas pontas. Nos casos em que se aproxima a ponta de um corpo eletrizado, ela "extrai" a eletricidade desse corpo. Se uma ponta for atrelada a um corpo em eletrização, ela "lança" o fogo elétrico transmitido a esse, não permitindo que ele se eletrize.

Por exemplo:

Coloque uma bala de ferro de três ou quatro polegadas [≈ 8 ou 10 cm] de diâmetro na boca de uma garrafa de vidro limpa e seca. Por uma fina linha de seda presa ao teto, logo acima da boca da garrafa, suspenda uma pequena bola de cortiça com o tamanho semelhante ao de uma bola de gude. A linha [sendo] [p. 4] de tal comprimento, de modo que a bola de cortiça possa repousar junto à lateral da bala [de ferro]. Eletrize a bala, e a bola será repelida até uma distância de quatro ou cinco polegadas [≈ 10 ou 12 cm], mais ou menos, de acordo com a quantidade de eletricidade [dada à bala]. Quando nesse estado, se você aproximar à bala a ponta de um punhal longo, fino e afiado, a seis ou sete polegadas de distância [≈ 15 ou 18 cm], a repelência é instantaneamente destruída e a bola [de cortiça] voa para a bala [de ferro]. Um corpo embotado precisa ser colocado a uma polegada [≈ 2,5 cm] de distância e soltar uma faísca para produzir o mesmo efeito. Para provar que o fogo elétrico é *extraído* [de outro corpo] pela ponta, se você retirar a lâmina do punhal do cabo de madeira e substituí-lo por um bastão de cera, e então aproximá-la à distância mencionada acima, ou se a trouxer muito perto, tal efeito não é observado. Porém, se um dedo for deslizado ao longo da cera até que toque a lâmina, a bola [de cortiça] se aproxima da bala [de ferro] imediatamente. Se a ponta [do punhal] for colocada no escuro, você verá, algumas vezes à distância de um pé [≈ 30 cm], e mais, uma luz acumular em cima dela, como a de um vaga-lume ou a de um pirilampo. Quanto menos afiada é a ponta, mais perto você terá que aproximá-la para observar a luz; e qualquer que seja a distância em que veja a luz, poderá extrair o fogo elétrico e destruir a repelência. Se uma bola de cortiça suspendida assim [como nas descrições anteriores] for repelida pelo tubo[143] e uma ponta for aproximada rapidamente até ela, apesar de estar a uma distância considerável, será surpreendente ver como de repente a bola voa de volta para

[143] Um tubo de vidro, como o dado por Collinson. Franklin mencionou esse tubo outras vezes ao longo dessa carta.

o tubo. Pontas de madeira produzirão [efeitos] proximamente [tão bons quanto os originados por] àqueles do ferro, contanto que a madeira não esteja seca. Pois, a madeira perfeitamente seca não conduzirá mais eletricidade que um bastão de cera.

[p. 5]Para mostrar que as pontas *lançarão** assim como *extrairão* o fogo elétrico coloque uma agulha longa e afiada sobre a bala [de ferro] e você não poderá eletrizá-la, de modo que a faça repelir a bola de cortiça†. Ou coloque uma agulha no final de um cano de uma arma suspenso ou de uma barra de ferro, de modo que aponte para além [do cano ou da barra] como uma pequena baioneta. E, enquanto [a agulha] permanece lá, o cano da arma ou a barra não podem, aproximando o tubo à outra extremidade, ser eletrizados, de maneira a dar em uma faísca, [pois] o fogo [elétrico está] continuamente saindo da ponta de forma silenciosa. No escuro, você pode vê-lo fazer a mesma aparição que faz no caso antes mencionado.

A repelência entre a bola de cortiça e a bala [de ferro] é igualmente destruída [nos seguintes casos]: 1. Peneirando areia fina sobre a bala, isso faz [a destruição da repelência ocorrer] gradualmente. 2. Por respirar sobre a bala. 3. Por fazer fumaça sobre a bala a partir de madeira em chamas.‡ 4. Pela luz de uma vela, mesmo que a vela esteja a um pé [≈ 30 cm] de distância. Esses [circunstâncias] farão isso [destruir a

---

* Este poder das pontas de *lançar* o fogo elétrico foi primeiro comunicado a mim pelo meu engenhoso amigo Sr. *Thomas Hopkinson*, desde então falecido, cuja virtude e integridade, em todo momento de sua vida, pública e privada, sempre farão sua Memória ser querida para quem o conhecia, e sabia como valorizá-lo.

† Esse é um experimento do Sr. *Hopkinson*, feito com a expectativa de extrair uma faísca mais nítida e poderosa da ponta, tal como de um tipo de foco, e ele foi surpreendido ao encontrar pouca ou nenhuma [faísca].

‡ Nós supomos que toda partícula de areia, umidade e fumaça, sendo primeiro atraída e então repelida, carrega consigo uma porção de fogo elétrico, mas que o mesmo ainda subsiste nessas partículas, até elas o comunicarem para outra coisa, e que ele [o fogo elétrico] nunca é realmente destruído. Então, quando a água é lançada no fogo comum, não imaginamos [que] o elemento [água] é assim destruído ou aniquilado, mas apenas dispersado, cada partícula de água se transformando em vapor sua porção do fogo, o qual foi atraído e anexado a si.

repelência] instantaneamente. A luz de um carvão brilhante proveniente de fogo de lenha e a [p. 6] luz de um ferro quente avermelhado produzem o mesmo feito, mas não a uma distância tão grande. A fumaça de resina seca colocada sobre ferro quente não destrói a repelência, mas é atraída tanto pela bala quanto pela bola de cortiça, formando atmosferas proporcionais ao redor delas, tornando-as muito belas, de alguma forma se parecendo com as figuras na teoria da Terra de *Burnet* ou *Whiston*.[144]

N.B.[145] – Esse experimento deve ser feito em um armário, onde o ar é muito calmo, ou ele poderá falhar.

A luz do sol lançada fortemente por um espelho tanto sobre a cortiça quanto sobre a bala [de ferro], por um longo tempo juntas, não comprometerá a repelência de forma alguma. Essa diferença entre a luz do fogo [da vela] e a luz solar é outra coisa que parece nova e extraordinária para nós.[d]

Nós fomos por algum tempo da opinião de que o fogo elétrico não era criado pela fricção, mas sim coletado [a partir dela], sendo realmente um elemento difundido pelo [meio] e atraído por outras matérias, particularmente pela água e pelos metais. Tínhamos até descoberto e demonstrado seu afluxo para a esfera elétrica, assim como seu efluxo, por meio de rodas pequenas e leves de moinhos de vento, feitas com pás de papel rígido, fixas obliquamente, e girando livremente

---

[144] Franklin se refere a Thomas Burnet e William Whiston que publicaram os livros *Sacred Theory of Earth* (1681) e *A New Theory of Earth* (1696), respectivamente. Ambos fizeram uma interpretação mecânica da criação do mundo se baseando em conceitos bíblicos. Burnet foi influenciado por Descartes, enquanto Whiston era um newtoniano (SLOAN, 2006, p. 912). As figuras mencionadas por Franklin são as representações dos sistemas de mundo criado por eles.

[145] Abreviação do latim *nota bene*, que significa uma observação particular.

[d] Esse efeito diferente provavelmente não surgiu de qualquer diferença na luz, mas sim a partir de partículas separadas da vela, sendo primeiramente atraídas e depois repelidas, carregando consigo a matéria elétrica; e a partir da rarefação do ar, entre o carvão incandescente ou ferro em brasa e a bala eletrizada, através desse ar rarefeito o fluido elétrico pode passar mais facilmente.

em eixos de arame fino. Também [tínhamos descoberto e demonstrado o afluxo e efluxo do fogo elétrico] por pequenas rodas do mesmo material, mas formadas como rodas d'água. Sobre a [p. 7] disposição e emprego de quais rodas, e os vários fenômenos resultantes, eu poderia, se tivesse tempo, preencher uma folha inteira para você.[e, 146] A impossibilidade de eletrização de alguém próprio (mesmo estando sob a cera), por friccionar o tubo, e extrair o fogo dele, e a maneira de fazê-lo, passando o tubo perto de uma pessoa ou coisa de pé no chão etc., também tinha nos ocorrido alguns meses antes que a engenhosa *Sequência* do Sr. *Watson* viesse às minhas mãos, e essas eram algumas das coisas novas que eu pretendia comunicar a você. Mas, agora só preciso mencionar alguns fenômenos em particular que não foram apontados naquele trabalho [de Watson], com os nossos raciocínios anteriores, embora talvez o último possa muito bem ser dispensado.

1. Uma pessoa em pé na cera e friccionando o tubo, e outra pessoa [também] estando na cera, extraindo o fogo, ambas (contanto que elas não estejam tal que se toquem) aparentarão estar eletrizadas para uma pessoa no chão, ou seja, ela vai perceber uma faísca ao se aproximar de cada uma delas com seus nós dos dedos.
2. Mas se as pessoas na cera se tocarem durante a excitação do tubo, nenhuma delas vai parecer eletrizada.
3. Se elas se tocarem depois de excitar o tubo, e extraírem o fogo como dito acima, haverá uma faísca mais forte [p. 8] entre elas, [mais forte] que a que houve entre qualquer uma delas e a pessoa no chão.
4. Depois dessa forte faísca, nenhuma delas perceberá qualquer eletricidade.

[e] Esses experimentos com as rodas foram feitos e comunicados a mim pelo meu digno e engenhoso amigo Sr. *Philip Syng*. Mas nós descobrimos posteriormente que movimento dessas rodas não foi devido a qualquer fluxo ou efluxo do fluido elétrico, mas devido às várias circunstâncias de atração e repulsão. 1750.

[146] Pelo ano indicado na nota (1750), Franklin provavelmente a incluiu depois, percebendo que a conclusão descrita foi revista.

Tentamos explicar essas manifestações da seguinte forma. Nós supomos, como citado anteriormente, que o fogo elétrico é um elemento comum, do qual cada uma das três pessoas mencionadas anteriormente possui quantidades iguais, antes de qualquer operação ser iniciada com o tubo. [A pessoa] *A*, que está sobre a cera e fricciona o tubo, coleta o fogo elétrico a partir de si mesma para o vidro; e sendo sua comunicação com a reserva comum [o chão] impedida pela cera, seu corpo não é imediatamente suprido [de fogo elétrico] de novo. [A pessoa] *B* (que também está sobre a cera), passando o nó de seu dedo próximo ao tubo, recebe o fogo que foi coletado a partir de *A* pelo tubo; e sua comunicação com o estoque comum sendo da mesma forma impedida, retém a quantidade adicional recebida. Para [a pessoa] *C*, estando no chão, ambas parecem estar eletrizadas. Pois, ela possuindo somente a quantidade média de fogo elétrico, recebe uma faísca ao se aproximar de *B*, que possui uma quantidade excedente, mas dá [uma faísca] para *A*, que possui uma quantidade inferior. Se *A* e *B* se aproximam para se tocar, a faísca é mais forte, porque a diferença entre elas é maior. Depois de tal toque, não há nenhuma faísca entre elas e entre *C*, porque o fogo elétrico em todas foi reduzido à igualdade original. Se elas se tocam durante a eletrização, a igualdade nunca é destruída, o fogo fica somente circulando. Daí, surgiram alguns novos termos entre nós: dizemos [que] *B* (e os corpos nessas circunstâncias) está eletrizada [p. 9] *positivamente*; A, *negativamente*. Ou então, *B* está eletrizada *mais*; *A*, *menos*. E nós, diariamente em nossos experimentos, eletrizamos corpos *mais* e *menos*, como julgamos adequado. Para eletrizar [um corpo] *mais* ou *menos*, nada mais é preciso conhecer que isso, que as partes do tubo ou da esfera que são friccionadas, realmente, no instante da fricção, atraem o fogo elétrico e, portanto, o retiram do corpo que os está friccionando. As mesmas partes, à medida que o atrito sobre elas cessa, estão imediatamente dispostas a dar o fogo [elétrico] que receberam para qualquer corpo que tenha menos. Dessa forma, você pode circulá-lo, assim como o Sr. *Watson* já mostrou. Você também pode acumulá-lo ou subtraí-lo sobre ou de qualquer

corpo, à medida que conecta aquele corpo com o esfregador ou com o receptor, estando a comunicação com a reserva comum cortada. Achamos que esse engenhoso homem [Watson] se enganou quando imaginou (em sua *Sequência*) que o fogo elétrico desceu pelo fio a partir do teto para o cano da arma, daí para a esfera, e assim eletrizou a máquina e o homem que girava a roda etc. Supomos que ele [o fogo elétrico] foi *expulso* e não trazido por aquele fio, e que a máquina e o homem etc. foram eletrizados *menos* – ou seja, tinham menos fogo elétrico neles que as coisas na [reserva] comum.

Como a embarcação está para partir, eu não posso lhe apresentar uma ampla discussão sobre a Eletricidade *Americana* como eu gostaria. Devo apenas mencionar mais alguns pormenores. Descobrimos [que] o chumbo granulado é melhor para preencher o pequeno frasco[147] do que a água, sendo facilmente aquecido e se mantendo quente e seco em ar úmido. Excitamos espíritos[148] com o fio do frasco. Acendemos velas, há pouco apagadas, extraindo uma faísca pela fumaça [p. 10] entre o fio e espevitadeiras. Imitamos raios, passando o fio no escuro sobre um prato de porcelana que possui flores douradas, ou o aplicando em molduras douradas de espelhos etc. Eletrizamos uma pessoa vinte vezes seguidas ou mais, com o toque do dedo no fio, da seguinte forma. Ela fica sobre a cera. Dê a ela a garrafa eletrizada, em suas mãos. Toque o fio com o seu dedo e então toque a mão ou o rosto dela. Haverá faíscas todas as vezes.[f] Aumentamos imensamente a força do beijo elétrico, da seguinte forma. Coloque *A* e *B* sobre a

---

[147] O termo original utilizado por Franklin é *phial*, geralmente significando um pequeno frasco de vidro utilizado para perfumes ou remédios. Pelas palavras de Franklin, esse pequeno frasco provavelmente era uma garrafa de Leiden.

[148] Franklin provavelmente se referiu a uma faísca luminosa.

[f] Ao obter uma faísca do fio, a eletricidade dentro da garrafa é diminuída; a parte externa da garrafa extrai um pouco [de fogo elétrico] da pessoa que a está segurando, e a deixa no estado negativo. Então, quando sua mão ou seu rosto são tocados, uma quantidade igual é devolvida a ela pela pessoa que a tocou.

cera, ou *A* sobre a cera e *B* sobre o chão. Dê a uma delas, em sua mão, o frasco eletrizado. Deixe que a outra segure o fio. Haverá uma pequena faísca, mas quando os seus lábios se aproximarem, elas serão atingidas e levarão um choque. O mesmo [acontecerá] se outro cavalheiro e outra dama, *C* e *D*, que também estão sobre a cera, e unindo as mãos com *A* e *B*, se saudarem ou apertarem as mãos. Suspendemos, por uma linha de seda, uma aranha falsa, feita de um pequeno pedaço de cortiça queimada, com pernas de fio de linho, e um ou dois grãos de chumbo presos nela para lhe dar mais peso. Em cima da mesa, sobre a qual ela pende, prendemos um arame vertical, tão alto quanto o frasco e o [seu] fio, a duas ou três polegadas [≈ 5 ou 8 cm] da aranha. Em seguida, a animamos, colocando o frasco elétrico à mesma distância no outro lado dela. Ela voará imediatamente para o fio do frasco, dobrando as pernas [p. 11] ao tocá-lo. Em seguida, se desprenderá e voará para o arame na mesa. Então, de novo para o fio do frasco, brincando com as pernas contra ambos, de uma forma muito divertida, parecendo perfeitamente viva para as pessoas não familiarizadas. Ela continuará fazendo esse movimento por uma hora ou mais, em tempo seco.

Eletrizamos, sobre a cera no escuro, um livro que possuía uma linha dupla de ouro em volta das capas, e então encostamos os nós dos dedos ao enfeite de ouro. O fogo [elétrico] aparece em todos os lugares do ouro, como a luz de um raio, [mas] não sobre o couro, nem se você tocar nele ao invés de tocar o ouro. Esfregamos nossos tubos com camurça e observamos sempre para manter o mesmo lado [da camurça] em relação ao tubo, e assim nunca sujá-lo pelo manuseio. Dessa forma, eles funcionam pronta e facilmente, sem a menor fadiga, especialmente, se mantidos em estojos de papelão apertados, revestidos com uma flanela, bem próximos ao tubo.[g] Menciono isso porque os artigos *Europeus* sobre Eletricidade frequentemente falam de esfregar os tubos como um

---

[g] Os nossos tubos são feitos aqui com vidro verde, com o tamanho de 27 ou 30 polegadas [≈ 69 ou 76 cm], tão grande quanto possam ser apertados.

exercício cansativo. Nossas esferas são fixas em eixos de ferro, que passam através delas. Em uma das extremidades dos eixos, há uma pequena alça com a qual você pode girar a esfera como um rebolo comum. Isso nós achamos muito cômodo, pois a máquina ocupa pouco espaço, é portátil e pode ser fechada em uma caixa pequena, quando não estiver em uso. De fato, a esfera não gira tão rápido como quando a grande roda é usada, mas pensamos que a velocidade é de pouca importância, uma vez que algumas voltas carregarão o frasco [com fogo elétrico] etc., suficientemente.[h]

Eu sou, etc.

B. FRANKLIN

[h] Essa máquina simples e fácil de fabricar foi uma invenção do Sr. Syng.

3.3. Carta de Benjamin Franklin a John Mitchel, de 29 de abril de 1749, contendo sua explicação para a formação de temporais com raios e trovões

Na segunda carta a Collinson, traduzida na seção anterior, Franklin estabeleceu os princípios fundamentais de sua teoria para a eletricidade: a existência de um único fluido elétrico, presente em todos os corpos, o poder das pontas e a eletrização positiva e negativa. Na carta seguinte, dessa vez enviada a John Mitchel, Franklin propôs uma aplicação dessas ideias, explorando a formação de temporais com raios e trovões. Tratou-se de uma argumentação construída com base em um passo a passo indutivo, de um contexto microscópico para um macroscópico. Ao sugerir que a explicação para a formação de temporais poderia ser estabelecida e entendida seguindo essa metodologia, Franklin buscou afastar argumentos meramente hipotéticos, embora sua concepção não pôde escapar de ser uma especulação sobre um temido fenômeno natural.

Em sua concepção, o fogo elétrico seria um tipo particular de matéria, presente em todos os corpos, e possuía propriedades, tais como a sutileza, elasticidade, e a impossibilidade de ser criado ou destruído; já a matéria comum ou "ponderável" seria aquela que compunha os corpos naturais, como a água. Matéria comum e fogo elétrico se atraíam, enquanto partículas de matéria elétrica se repeliam.

A partir desses pressupostos, ele explicou a eletrização das nuvens e a formação de temporais com raios e trovões com base em quatro argumentos cruciais: 1) fogo elétrico e água se atraíam mutuamente, e partículas de água se atraíam mutuamente; 2) os oceanos eram formados, basicamente, por água – um não elétrico – e por sal, um material elétrico; o atrito entre os dois fazia com que fogo elétrico fosse extraído de partes inferiores do oceano, deixando a água e seus vapores eletrizados; 3) os vapores de água do mar eletrizados subiam e formavam nuvens eletrizadas; ao entrarem em contato com nuvens pouco ou nada eletrizadas ou montanhas, as nuvens

descarregavam o fogo elétrico excedente na forma de raios; com o fogo elétrico transmitido, as partículas de água, por sua atração mútua, se uniam e se tornavam densas demais, caindo ao solo na forma de chuva; 4) por consequência, os raios eram simplesmente a manifestação da transmissão do fogo elétrico, sendo da mesma natureza de faíscas produzidas em laboratório por garrafas de Leiden.

Seguindo esses argumentos, Franklin sugeriu que as nuvens vindas do oceano ocasionavam chuvas mais fortes, por estarem muito eletrizadas e, portanto, carregarem consigo muitas partículas de água. As nuvens formadas pelos vapores do solo, com pouco fogo elétrico, não manteriam suas águas por muito tempo, gerando chuvas mais fracas. Da mesma forma, explicou a formação e a contínua existência dos grandes rios, como o Amazonas, ao propor que as nuvens eletrizadas vindas do oceano, ao se encontrarem com a Cordilheira dos Andes, descarregavam seu fogo elétrico e liberavam suas águas, originando as nascentes dos rios. Ademais, ao observar que nuvens em diferentes alturas passavam umas por cima das outras, indicou a existência de diferentes correntes de ar. Com isso, parece ter sido o primeiro a observar o fenômeno da convecção, com ares rarefeitos subindo e ares densos descendo.[149] Essa diferença nos ares levaria, em algumas situações, à comunicação de fogo elétrico entre esses diferentes vapores, mesmo sem nuvens, ocasionando a Aurora Boreal.

Nessa carta, Franklin construiu, pela primeira vez, uma argumentação mais completa sobre a relação entre os raios e as faíscas produzidas pela eletricidade comum, estudada nos laboratórios. Na segunda carta a Collinson, ele já havia mencionado que ele e seus companheiros haviam imitado raios, porém, sem o aprofundamento conceitual que apresentou nesse texto. Assim como outros de seus conceitos, ele não foi o primeiro a propor que os raios fossem de natureza elétrica. Nollet, por exemplo, em 1748, já havia discutido algumas semelhanças entre as descargas elétricas e os raios em

---

[149] Cohen, 2007, p. 852.

tempestades, tais como suas propensões a incendiar ou danificar objetos.[150] Além disso, Franklin desenvolveria melhor essa concepção no ensaio "Opiniões e conjecturas", enviado a Collinson em 1750.[151] Um detalhe relevante dessas considerações é que Franklin não acreditava ser perigoso uma pessoa ser atingida por um raio quando molhada, imaginando que a eletricidade seria transmitida pela água, sem afetar seu corpo.

Cerca de seis anos depois, Franklin mostrou descontentamento com essa explicação para a formação de temporais com raios e trovões. Em uma carta a John Lining (1708-1760), ele confessou "ainda estar perdido sobre maneira pela qual" as nuvens se tornavam carregadas.[152] Não há dúvidas, porém, de que, pelo menos desde a carta a Mitchel, Franklin acreditava na relação entre os raios e a eletricidade comum.[153] Apesar de se mostrar insatisfeito anos depois, as impressões de Franklin a respeito do surgimento de grandes temporais denotam a expansão de suas ideias em eletricidade após as duas primeiras comunicações a Collinson. Nessa comunicação, podemos notar que ele já considerava a matéria elétrica uma substância singular, com características e comportamentos próprios. Esse foi um pressuposto fundamental de suas proposições em cartas posteriores.

[150] Heilbron, 1979, p. 340.
[151] Ver Capítulo 3, seção 3.4.
[152] Franklin, 1769, p. 323.
[153] Cohen, 1956, p. 485.

Tradução[154]

[p. 39] CARTA V[155]

CONTENDO

OBSERVAÇÕES *e* SUPOSIÇÕES, *para a formação de uma nova* HIPÓTESE *para explicar os diversos* fenômenos dos TEMPORAIS COM RAIOS E TROVÕES[a, 156].

SENHOR,

1. Corpos não elétricos, que tiveram fogo elétrico lançado neles, vão retê-lo até outros corpos não elétricos, que possuem menos [fogo elétrico], se aproximarem. E então, [o fogo elétrico] é transmitido por um estalo, e se torna igualmente dividido.

[154] A tradução teve a coautoria de Thátyusce Bonfim. O texto original pode ser consultado em Franklin (1769, p. 39-52). Uma primeira versão dessa tradução foi publicada anteriormente em Moura e Bonfim (2017).

[155] No texto original, não está indicada a data nem o destinatário. Segundo Cohen (1956, p. 481, n. *), essas informações estão contidas em manuscritos privados de Franklin. O autor também afirma que na autobiografia de Franklin ele se referiu a essa carta no seguinte trecho: "Um artigo, o qual eu escrevi para o Sr. Kinnersley, sobre a igualdade entre raio e eletricidade, eu enviei ao Dr. Mitchel, um conhecido meu, e também um dos membros daquela sociedade [a *Royal Society*], que me escreveu dizendo que ele foi lido, mas lá escarnecido pelos conhecedores" (FRANKLIN, 1996, p. 121).

[a] Temporais com raios e trovões são chuvas repentinas com raios e trovões, que frequentemente são de curta duração, mas [que] algumas vezes produzem efeitos perniciosos.

[156] O termo original utilizado por Franklin foi *thunder-gusts*, que não possui uma tradução exata para o português. Segundo dicionário Merriam-Webster, o termo significa *thunderstorm with wind*, o que seria, em português, o equivalente a temporal com raios, trovões e vento, disponível em: <http://www.merriam-webster.com/dictionary/thunder-gust>, com acesso em: dez. 2017). Contudo, pela descrição apresentada pelo próprio Franklin na nota de rodapé "a", ele não parece ter incluído o vento como uma propriedade relevante para o tipo de temporal que buscou descrever. Pela natureza diversificada das traduções dos termos em inglês para tempestades e temporais, e seguindo a definição do próprio Franklin, especialmente em relação à duração do fenômeno, preferi utilizar como tradução a *thunder-gusts* o termo "temporal com raios e trovões".

2. O fogo elétrico ama a água, é fortemente atraído por ela e podem subsistir juntos.
3. O ar é elétrico *per se*, e quando seco não conduz o fogo elétrico. Ele não vai nem recebê-lo e nem doá-lo para outros corpos. Do contrário, nenhum corpo cercado por ar poderia ser eletrizado positivamente ou negativamente. Pois, se fosse [p. 40] tentado [eletrizar um corpo] positivamente, o ar imediatamente tomaria o [fogo elétrico] excedente; ou negativamente, o ar supriria o [fogo elétrico] deficiente.
4. A água sendo eletrizada, os vapores que saem dela estarão igualmente eletrizados. E flutuando pelo ar na forma de nuvens, ou de outra maneira, reterão essa quantidade de fogo elétrico até que elas se encontrem com outras nuvens ou corpos não tão eletrizados, e assim transmitirão [o fogo elétrico] como acima mencionado [no item 1].
5. Cada partícula de matéria eletrizada é repelida por qualquer outra partícula igualmente eletrizada. Desse modo, a corrente de uma nascente, naturalmente densa e contínua, quando eletrizada, vai se separar e espalhar na forma de um borrão, cada gota se esforçando para se afastar de cada outra gota. Mas, retirando-se o fogo elétrico, se aproximarão novamente.
6. A água sendo fortemente eletrizada (assim como quando aquecida pelo fogo comum) sobe em vapor mais copiosamente. A atração de coesão entre suas partículas sendo muito enfraquecida pelo poder oposto de repulsão introduzido com o fogo elétrico. E quando qualquer partícula [de água] é por qualquer motivo desprendida, ela é imediatamente repelida, e assim voa para o ar.
7. Partículas [de água] que estão situadas como *A* e *B*, (Fig VI *representando o perfil de um recipiente de água*) são mais facilmente desprendidas que *C* e *D*, pois cada uma é mantida pelo contato com somente três [partículas], enquanto *C* e *D* estão em contato com nove, cada. Quando a superfície da água tem o menor movimento, partícu-

las [p. 41] são continuamente empurradas para a situação representada por *A* e *B*.
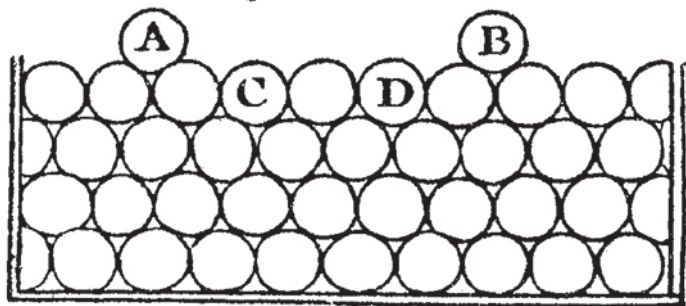
Figura 6 – A disposição das partículas de água em um recipiente, segundo Franklin. Vale ressaltar que este é um recorte bidimensional do recipiente.

Fonte: Franklin (1769, Plate I).

8. A fricção entre um [corpo] não elétrico e um elétrico *per se* vai produzir fogo elétrico. Não por *criá-lo*, mas por *coletá-lo*, pois ele está igualmente difundido nas nossas paredes, chão, terra, e todo o conjunto de matéria comum. Assim, o giro do globo de vidro, durante a sua fricção contra a almofada, extrai o fogo [elétrico] da almofada, a almofada é abastecida a partir da armação da máquina, e aquela pelo chão onde está. Corte a comunicação com um vidro grosso ou cera, colocados embaixo da almofada, e nenhum fogo pode ser *produzido*, porque não pode ser *coletado*.
9. O oceano é composto por água, um não elétrico, e sal, um elétrico *per se.*
10. Quando existe uma fricção nas partes próximas de sua superfície [do oceano], o fogo elétrico é coletado das partes abaixo. Ele é claramente visível durante a noite. Aparece na popa e no rasto de qualquer embarcação flutuante. Cada traço de um remo mostra isso, e cada quebrar de onda e espirro [de água]: nas tempestades

todo o mar parece em chamas.[157] As partículas de água desprendidas, então repelidas pela superfície eletrizada, retiram continuamente o fogo [elétrico] conforme é coletado. Elas sobem e formam nuvens, e essas nuvens são altamente eletrizadas, e retêm o fogo [elétrico] até que tenham uma oportunidade de transferi-lo.

11. As partículas de água ascendendo como vapor se anexam às partículas de ar.
12. As partículas de ar são ditas como duras, redondas, separadas e distantes umas das outras. Cada partícula repelindo fortemente [p. 42] cada outra partícula, por meio do qual elas recuam uma da outra, tão longe quanto a gravidade comum permitir.
13. O espaço entre quaisquer três partículas repelindo igualmente umas às outras será um triângulo equilátero.
14. No ar comprimido, esses triângulos são menores. No ar rarefeito, são maiores.
15. O fogo comum unido ao ar aumenta a repulsão, aumenta os triângulos, e assim deixa o ar especificamente mais leve. Esse ar, no meio de ar mais denso, subirá.
16. O fogo comum, assim como o fogo elétrico, proporciona repulsão às partículas de água e destrói a atração de coesão entre elas. Por isso, o fogo comum, assim como o fogo elétrico, auxilia na ascensão de vapores.
17. Partículas de água, não tendo fogo [comum] nelas, se atraem mutuamente. Três partículas de água então sendo unidas a três partículas de um triângulo de ar operariam, pelas suas atrações mútuas, contra a repulsão do ar, encurtariam os lados e diminuiriam o triângulo, por onde essa porção de ar ficando mais densa, se afundaria para a terra com sua água e não subiria para contribuir para a formação de uma nuvem.
18. Mas, se todas as partículas de água unidas com [as partículas de] ar trouxerem consigo uma partícula de fogo co-

[157] O termo original é *on fire*, uma possível alusão de que o mar aparece todo brilhante durante uma tempestade.

mum, a repulsão do ar sendo assistida e reforçada pelo fogo mais que obstruída pela atração mútua das partículas de água, o triângulo dilata, e essa porção de ar, se tornando rarefeita e especificamente mais leve, sobe.

19. Se as partículas de água trazem fogo elétrico quando [p. 43] se unem ao ar, a repulsão entre as partículas de água eletrizadas se junta à repulsão natural do ar, para forçar suas partículas para uma distância maior, assim os triângulos são dilatados e o ar sobe, carregando consigo a água.
20. Se as partículas de água trouxerem com elas porções dos *dois tipos* de fogo [elétrico e comum], a repulsão das partículas de ar é ainda mais fortalecida e aumentada, e os triângulos são mais alargados.
21. Uma partícula de ar pode estar cercada por doze partículas de água do mesmo tamanho que ela, todas em contato com ela. E por mais [outras partículas] ligadas àquelas.
22. Partículas de ar carregadas[167] dessa forma seriam atraídas para perto umas das outras pela atração mútua das partículas de água se o fogo, comum ou elétrico, não contribuir para a repulsão entre elas.
23. Se o ar dessa forma carregado for comprimido por ventos opostos, ou por ser dirigido contra montanhas etc. ou condensado pela retirada do fogo que o auxiliava em sua expansão, os triângulos contraem, [e] o ar com sua água descerá como orvalho. Ou, se água cercando uma partícula de ar entrar em contato com a água que cerca outra [partícula de ar], elas se juntam e formam uma gota, e nós temos chuva.
24. O sol fornece (ou aparenta fornecer) fogo comum para todos os vapores, sejam vindos da terra ou do mar.
25. Esses vapores que possuem ambos o fogo comum e o elétrico são mais bem protegidos que aqueles que só

[158] Nesse caso, o termo "carregadas" não indica uma eletrização, e sim o fato de a partícula de ar estar acompanhada de partículas de água.

possuem o fogo comum. Pois, quando os vapores sobem para [p. 44] as regiões mais frias acima da terra, o frio não vai diminuir o fogo elétrico se ele diminuir o [fogo] comum.

26. Por isso, as nuvens formadas por vapores vindos de água doce na terra, de vegetais crescendo, terra úmida etc., liberam sua água mais rápida e facilmente, possuindo pouco fogo elétrico para repelir e manter as partículas separadas. Assim, a maior parte da água vinda da terra cai na terra novamente. E os ventos soprando da terra para o mar são secos. Há pouca utilidade para a chuva no mar, e roubar da terra a sua umidade, a fim de chover no mar, não pareceria lógico.
27. Mas as nuvens formadas por vapores vindos do mar, tendo ambos os [tipos de] fogo, e particularmente uma grande quantidade de [fogo] elétrico, mantêm fortemente suas águas, elevando-as alto, e sendo movidas pelos ventos, poderão trazê-las do meio do oceano profundo para o meio do continente.
28. [A maneira] como essas nuvens do oceano, mantendo tão fortemente suas águas, são obrigadas a liberá-las na terra onde há necessidade, será considerado a seguir.
29. Se elas são direcionadas pelos ventos contra as montanhas, sendo essas montanhas menos eletrizadas, [elas] as atraem, e no contato roubam seus fogos elétricos (e, estando frias, o fogo comum também). Consequentemente, as partículas se aproximam das montanhas e [se aproximam] entre elas. Se o ar não está muito carregado [de água], ela só cai em orvalho no topo e nos lados da montanha, formando nascentes, e descendo para os vales em riachos, os quais, juntos, formam córregos e rios maiores. Se muito carregado, o fogo elétrico [atrelado às partículas de água] é imediatamente tomado de toda [p. 45] a nuvem. E, ao deixá-la, emite uma luz brilhante e faz um barulho alto. As partículas se juntam instantaneamente pela deficiência daquele fogo e caem em uma forte chuva.

30. Quando uma cadeia de montanhas barra as nuvens dessa forma e extrai o fogo elétrico da primeira nuvem se aproximando, aquela [nuvem] que vem em seguida, quando se aproxima da primeira nuvem, agora privada de seu fogo elétrico, lampeja nela, e começa a liberar a sua própria água. A primeira nuvem lampeja na montanha novamente. A terceira nuvem se aproxima, e todas as subsequentes, agindo da mesma maneira, não importando o quão longe que elas se estendam, o que pode ser por centenas de milhas de território.
31. Por isso [ocorrem] as tempestades contínuas de chuva, raios e trovões no lado leste dos *Andes*, que, estando de norte a sul, e sendo muito altos, interceptam todas as nuvens trazidas até eles pelo oceano *Atlântico* pela troca dos ventos, e as obriga liberar suas águas, pelas quais os grandes rios *Amazonas, La Plata,* e *Orinoco* são formados, os quais retornam à água para o mesmo mar, depois de ter fertilizado um campo de grande extensão.
32. Se um território é plano, sem montanhas para interceptar as nuvens eletrizadas, ainda assim existem meios de fazer com que elas liberem suas águas. Pois, se uma nuvem eletrizada vinda do mar encontra no ar uma nuvem vinda da terra (e por isso não eletrizada), a primeira lampejará seu fogo elétrico para a última, e assim, ambas deverão liberar suas águas repentinamente.
33. As partículas eletrizadas da primeira nuvem se juntam quando perdem o seu fogo [elétrico] e as partículas da outra nuvem se juntam [às da primeira nuvem] [p. 46] o recebendo. Ambas têm assim a oportunidade de se juntarem em gotas. O choque ou o arranque dado ao ar contribui também para derrubar a água, não somente dessas duas nuvens, mas das outras próximas a ela. Daí a chuva repentina imediatamente após luzes de relâmpagos.
34. Para mostrar isso por um fácil experimento: pegue dois pedaços redondos de papelão de duas polegadas [≈ 5

cm] de diâmetro. Do centro e circunferência de cada um deles suspenda, por fios de seda finos de dezoito polegadas [≈ 46 cm], sete bolas pequenas de madeira, ou sete ervilhas de igual tamanho. Assim, as bolas anexadas a cada papelão formarão triângulos equiláteros iguais, uma bola estando no centro e fixa a iguais distâncias dela e de cada outra. E, assim, elas representam as partículas de ar. Molhe os dois conjuntos com água e, [com] algumas [partículas de água] aderindo-se a cada bola, eles [os conjuntos] representarão o ar carregado. Com destreza, eletrize um conjunto, e suas bolas se repelirão a uma distância maior, aumentando os triângulos. Se a água aderida nas sete bolas pudesse entrar em contato, ela formaria uma gota ou gotas tão pesadas que quebrariam a coesão que ela tinha com as bolas, e assim cairiam. Deixe os dois conjuntos representarem as duas nuvens, um [deles] sendo uma nuvem eletrizada do mar, e o outro uma nuvem [vinda] da terra. Traga-os para dentro da esfera de atração,[159] e elas se atrairão uma em direção à outra, e você verá assim as bolas separadas se atraindo. A primeira bola eletrizada que se aproxima por atração de uma bola não eletrizada se junta a ela, e dá fogo [elétrico] a ela. Instantaneamente, elas se separam, e cada uma voa para outra bola de seu próprio grupo, uma para [p. 47] dar, e outra para receber fogo. E assim isso acontece em ambos os conjuntos, mas tão rápido que quase de forma instantânea. Na colisão, elas se sacodem e liberam suas águas, que representam a chuva.

35. Assim quando as nuvens do mar e da terra passam a uma boa distância do raio, elas são atraídas entre si até a essa distância [da esfera de atração], pois a esfera de atração de eletricidade está muito além da distância da ocorrência do raio.

[159] A esfera de atração indicada por Franklin é o espaço em que as atmosferas elétricas dos dois corpos podem interagir e se atrair.

36. Quando um grande número de nuvens vindas do mar encontra um número de nuvens vindas da terra, os raios elétricos aparentam atingir diferentes partes. E, conforme as nuvens são empurradas e misturadas pelo vento, ou trazidas para perto pela atração elétrica, elas continuam dando e recebendo raios e mais raios, até o fogo elétrico ser igualmente difundido.
37. Quando o cano de uma arma (em experimentos elétricos) possui pouco fogo elétrico em si, você deve aproximar o seu nó [do dedo] bem perto, antes que possa extrair uma faísca. Dê a ele mais fogo, e ele dará uma faísca a uma distância maior. Dois canos de arma unidos, e tão altamente eletrizados, produzirão uma faísca a uma distância maior ainda. Mas, se dois canos de arma eletrizados se afetarão a duas polegadas [≈ 5 cm] de distância, e farão um grande barulho, qual será a grande distância em que dez mil acres de nuvem eletrizada atingirá e liberará o seu fogo, e quão alto será esse barulho?
38. É uma coisa comum ver nuvens em diferentes alturas passando [por] diferentes caminhos, o que mostra diferentes correntes de ar, uma abaixo da outra. Conforme o ar entre os trópicos [p. 48] é tornado rarefeito pelo Sol, ele sobe, e o ar mais denso do norte e do sul pressionado para o seu lugar [do ar rarefeito]. O ar, assim tornado rarefeito e forçado a subir, passa em direção ao norte e ao sul, e deve descer nas regiões polares, se ele não tiver oportunidade antes, a fim de que a circulação possa continuar.
39. Conforme as correntes de ar, com as nuvens dentro [delas], passam em diferentes caminhos, é fácil conceber como as nuvens, passando umas por cima das outras, podem atrair umas às outras e assim se aproximar o suficiente para o golpe elétrico. E também [é fácil conceber] como as nuvens elétricas podem ser carregadas para dentro da terra de bem longe do mar, antes que elas tenham uma oportunidade de golpear.

40. Quando o ar, com seus vapores levantados do oceano entre os trópicos, começa a descer nas regiões polares, e entrar em contato com os vapores levantados de lá, o fogo elétrico que ele traz começa a ser comunicado, e é visto em noites claras, sendo primeiramente visível onde ele está primeiramente em movimento, isto é, onde o contato começa, ou na parte mais ao norte. Dali, os fluxos de luz aparentam disparar para o sul, até acima do zênite dos países do Norte. Mas, ainda que a luz aparenta disparar do Norte para o Sul, o progresso do fogo é realmente do Sul para o Norte. O seu movimento começando no Norte é a razão pela qual ele é visto primeiramente lá.

Pois o fogo elétrico nunca é visível, a não ser quando está em movimento e pulando de um corpo para corpo, ou de partícula para partícula através do ar. Quando passa através de corpos densos, ele não é visto. Quando um fio faz parte de um ciclo, na explosão do frasco elétrico, o fogo, embora em uma grande quantidade [p. 49], passa invisível pelo fio. Mas, na passagem ao longo de uma corrente, ele se torna visível conforme pula de ligação a ligação. Ao passar ao longo de uma folha dourada, ele é visível, pois a folha de ouro é cheia de poros. Segure uma folha contra a luz e ela parecerá uma rede, e o fogo será visto em seu pulo sobre os buracos. E, assim como quando um longo canal preenchido com água parada é aberto em uma das extremidades para ser descarregado, o movimento da água começa primeiro perto da extremidade aberta, e prossegue para a extremidade fechada, ainda que a água se mova da [extremidade] fechada em direção à extremidade aberta, assim, o fogo elétrico descarregado nas regiões polares, talvez de mil léguas de distância de ar vaporizado, aparece primeiro onde ele é primeiramente movido, *i. e.* na parte mais ao norte, e a aparição prossegue para o sul, embora o fogo se mova realmente para o norte. Isto é suposto para explicar a Aurora Boreal.

41. Quando existe um grande calor na terra, em uma região específica (tendo o sol brilhado nela talvez [durante] muitos dias, enquanto as terras vizinhas ficaram encobertas pelas nuvens) o ar inferior é rarefeito e sobe, o ar mais denso e gelado acima desce. As nuvens nesse ar se encontram de todos os lados e se juntam no espaço aquecido. E, se algumas estão eletrizadas [e] outras não, raios e trovões ocorrem, e a chuva cai. Daí [porque se formam] os temporais com raios e trovões depois do calor, e ar frio depois de temporais; a água e as nuvens que os trazem, vindas de regiões mais altas e, portanto, mais frias.
42. Uma faísca elétrica, extraída de um corpo irregular a partir de alguma distância, é dificilmente sempre reta, mas se mostra torta e [p. 50] ondulada no ar. E assim fazem os flashes dos raios, [já que] as nuvens são corpos muito irregulares.
43. Conforme as nuvens eletrizadas passam em cima de um campo, montanhas e árvores altas, torres elevadas, pináculos, mastros de navios, chaminés etc., assim como muitas proeminências e pontas, [elas] extraem o fogo elétrico, e toda a nuvem se descarrega lá.
44. Perigoso, portanto, é se abrigar embaixo de uma árvore, durante um temporal com raios e trovões. Isso tem sido fatal para muitos homens e animais.
45. É mais seguro estar em um campo aberto por outra razão. Quando as roupas estão molhadas, se um raio em seu caminho para o chão caísse em sua cabeça, ele poderia correr pela água em volta da superfície do seu corpo. Enquanto que, se suas roupas estivessem secas, ele iria através do seu corpo. Por isso, um rato molhado não pode ser morto pela garrafa elétrica explodindo, enquanto um rato seco poderia.[b]

[b] Isso foi tentado com uma garrafa contendo cerca de um quarto [de água]. Foi então pensado que uma das grandes garrafas de vidro, mencionada nessas cartas, poderia tê-lo matado, embora molhado.

46. O fogo comum está em todos os corpos, [em] mais ou menos [quantidade], assim como fogo elétrico. Talvez eles possam ser diferentes modificações de um mesmo elemento. Ou eles podem ser diferentes elementos. O último [argumento] é conjecturado por alguns.
47. Se eles são coisas diferentes, ainda assim eles podem subsistir e realmente devem [subsistir] juntos em um mesmo corpo.
48. Quando o fogo elétrico golpeia através de um corpo, ele age sobre o fogo comum contido nele [no corpo], e coloca esse fogo em movimento. E se ali existir uma quantidade suficiente de cada tipo de fogo, o corpo vai ser inflamado.
49. [p. 51] Quando a quantidade de fogo comum no corpo é pequena, a quantidade de fogo elétrico (ou de golpe elétrico) deverá ser maior. Se a quantidade de fogo comum é grande, menos fogo elétrico é suficiente para produzir o efeito [de inflamar o corpo].
50. Desse modo, espíritos devem ser aquecidos antes de os incendiarmos com a faísca elétrica. Se eles são muitos aquecidos, uma pequena faísca será [suficiente]. Se não, a faísca deverá ser maior.
51. Até ultimamente podíamos incendiar apenas vapores aquecidos, mas agora podemos queimar resina seca e dura [com as faíscas elétricas]. E quando pudermos produzir grandes faíscas elétricas, poderemos ser capazes de incendiar não só espíritos que não foram aquecidos, assim como um relâmpago faz, mas até mesmo a madeira, dando agitação suficiente ao fogo comum contido nela, como nós sabemos que o atrito vai fazer.
52. Vapores sulfurosos e inflamáveis vindos da terra são facilmente acendidos por raios. Além daqueles vindos da terra, tais vapores são enviados por pilhas de feno úmido, milho, ou outros vegetais, que aquecem e fedem. Madeira apodrecendo em árvores ou edifícios antigos faz o mesmo. Tais são, portanto, fácil e frequentemente incendiados.

53. Metais são frequentemente derretidos por raios, embora talvez não pelo calor no raio, nem completamente pelo fogo agitado nos metais. Pois, visto que qualquer corpo pode se insinuar entre as partículas do metal e superar a atração pela qual se juntam (como mênstruos[160] diversos [p. 52] podem), fazendo o sólido se tornar fluido, tão bem quanto o fogo, ainda [que] sem aquecê-lo. Assim, o fogo elétrico, ou o raio, criando uma violenta repulsão entre as partículas do metal pelo qual ele passa, [faz com que] o metal seja fundido.
54. Se você, por um violento fogo, derretesse a extremidade de um prego, que estivesse metade pregado em uma porta, o calor dado a todo o prego antes que uma parte derretesse deve queimar a placa na qual está pregado. E a parte derretida iria queimar o chão sobre o qual ela cai. Mas, por um raio, uma espada pode ser derretida na bainha e [também pode ser derretido] dinheiro no bolso de um homem, sem queimar ambos, isso deve ser uma fusão a frio.[c]
55. Raios rasgam alguns corpos. A faísca elétrica vai fazer um buraco através de um caderno de papel resistente.
56. Se a origem dos raios, atribuída neste trabalho, for a verdadeira, deve haver poucos trovões ouvidos no mar longe da terra. E, em conformidade, alguns velhos capitães do mar, a quem algumas perguntas foram feitas, realmente afirmam que o fato concorda perfeitamente com a hipótese. Pois, na travessia do grande oceano, eles raramente se deparam com trovões

[160] Em termos gerais, mênstruos são líquidos dissolventes.

[c] Esses fatos, embora contados em vários relatos, são agora uma dúvida, uma vez que tem sido observado que as partes de um badalo do sino que caiu no chão [por ter sido] quebrado e parcialmente derretido por um raio realmente queimou as placas [sobre as quais ele caiu]. (Veja *Philos. Trans.* Vol LI. Parte I e Sr. *Kinnersley* descobriu que um fio de ferro fino, derretido pela Eletricidade, tem o mesmo efeito).

até que eles entram em áreas perto da costa.[161] E que as ilhas distantes do continente têm muito pouco disso [trovão]. E um observador curioso, que viveu 13 anos nas Bermudas, diz, [que] ocorreram menos trovões lá, em todo esse tempo, que ele tenha ouvido algumas vezes em um mês na *Carolina*.[162]

[161] O termo utilizado por Franklin foi "*soundings*", que tem relação com a medida da profundidade da água. Quando uma embarcação chegava a um ponto, usualmente próximo à costa, onde a profundidade fosse pequena, dizia-se que ela entrava em "*soundings*". Trata-se de um termo antigo, possivelmente comum no século XVIII. Ver *Oxford Dictionary*, disponível em: <http://en.oxforddictionaries. com/definition/sounding>. Acesso em: dez. 2017.

[162] Provavelmente, referindo-se aos que hoje são os estados da Carolina do Sul e Carolina do Norte.

3.4. Opiniões e conjecturas sobre as propriedades da matéria elétrica, de 29 de julho de 1750

O texto "Opiniões e conjecturas" representa o ápice do pensamento de Franklin sobre a eletricidade. Alguns dos pontos discutidos no texto foram rejeitados posteriormente pelo próprio autor, mas a essência do material foi mantida, onde Franklin retomou e ampliou ideias de cartas anteriores e propôs outras novas. Embora ele seja célebre pelo experimento da pipa e pela invenção dos para-raios – cuja gênese está nesse texto – é no "Opiniões e conjecturas" que está o núcleo da teoria frankliniana sobre a eletricidade.

Enviado a Collinson na estrutura de um artigo científico – provavelmente ciente de que seria assim considerado pelos membros da *Royal Society* – o "Opiniões e conjecturas" trata de, ao menos, seis questões: comportamento da matéria comum e da matéria elétrica; atmosfera elétrica; extração de eletricidade de corpos pontudos; interação entre o vidro de garrafas de Leiden e o fluido elétrico; distinção entre corpos elétricos e não elétricos; e, por fim, o experimento da guarita, uma espécie de protótipo de para-raios, embora não construído com essa finalidade naquele momento. Embrenhados a essas questões estavam vários conceitos já abordados por Franklin, como a conservação do fluido elétrico, eletrização positiva e negativa, entre outros.

Franklin iniciou o texto abordando a natureza da matéria elétrica. Foi a primeira vez que usou explicitamente esse termo.[163] Outros filósofos naturais anteriores e de sua época também utilizaram termos semelhantes, como Gray ou Nollet. Franklin, porém, parece ter sido um dos primeiros a reconhecer a eletricidade não como uma qualidade adquirida do corpo, mas como a causa dos fenômenos elétricos.[164] Havia *algo* sutil, elástico e particulado que ocasionava os fenômenos

[163] Cohen, 1956, p. 467.

[164] Segundo Cohen (1956, p. 405), Watson também tinha uma ideia semelhante, embora não a tenha explorado em detalhes.

elétricos, o que já havia sugerido na carta a Mitchel.[165] A garrafa de Leiden seria uma das principais evidências da existência de um tipo particular de matéria, uma vez que ela demonstrava que *algo* poderia ser armazenado, sendo distinto de outras matérias, pelos efeitos que gerava.[166] Para ele, partículas da matéria elétrica se repeliam, enquanto as partículas de matéria comum se atraíam. Partículas de matéria elétrica seriam atraídas pela matéria comum, conforme o que também já havia indicado anteriormente.

Franklin acreditava que nos corpos naturais havia espaços entre as partículas de matéria comum. Nesses espaços, a matéria elétrica se colocava, pela atração da matéria comum, sendo difundida igualmente pelo corpo. Dessa forma, um corpo neutro, ou seja, não eletrizado nem positivamente nem negativamente, possuía matéria elétrica em seu interior. Seria a ausência ou o excesso dessa matéria que o tornaria eletrizado.

Franklin afirmou que os corpos seriam como "esponjas" para a matéria elétrica. Quando fornecíamos a eles um excesso de matéria elétrica, ela não era empurrada para seus interiores, mas ficava ao redor deles, formando o que Franklin denominou de "atmosferas elétricas". Daí a analogia com as esponjas. Assim como a água transbordava de uma esponja já cheia, a matéria elétrica excedente "transbordava" ao redor do corpo eletrizado. Embora o conceito de atmosferas elétricas também possa ser encontrado em outros filósofos naturais anteriores a Franklin, ele foi o primeiro a empregá-lo para explicar a interação entre corpos eletrizados.[167] Outra contribuição original foi atribuir às atmosferas elétricas a mesma forma do corpo eletrizado. Essa ideia foi especialmente importante para a discussão sobre o poder das pontas, conforme mencionarei adiante.

Para demonstrar como o conceito de atmosferas elétricas era útil para explicar a interação entre corpos eletrizados, Franklin descreveu alguns experimentos no "Opiniões e con-

---

[165] Schofield, 1970, p. 169. Ver Capítulo 3, seção 3.3.

[166] Cohen, 1956, p. 306-309.

[167] Cohen, p. 469.

jecturas”. Em um deles, duas bolas suspensas por fios isolantes a partir do teto foram colocadas em contato com diferentes partes de uma garrafa de Leiden carregada e isolada. Uma delas tocava o revestimento externo da garrafa e outra o fio metálico, ou seja, em contato com o revestimento interno. Para Franklin, uma das bolas recebia a mesma quantidade de fluido elétrico que foi extraída da outra. Quando as bolas se aproximavam, a que tinha ausência de matéria elétrica extraía aquela presente na atmosfera elétrica da outra, gerando uma faísca e colocando as duas em seus estados naturais. Nesse sentido, o fluido elétrico que passava de uma para a outra era apenas aquele excedente em uma delas, não aquele em seu interior.

A partir do conceito de atmosferas elétricas, Franklin buscou mostrar como o poder das pontas poderia ser explicado. Em corpos rombudos, como uma bola, a atmosfera elétrica, ao também ter o formato circular, seria atraída igualmente em toda parte da bola. Por outro lado, corpos com cantos ou pontas, com suas atmosferas também com cantos ou pontas, não atrairiam igualmente a matéria elétrica aos seus redores. Utilizando como exemplo um corpo pontudo em forma de pentágono irregular, Franklin sugeriu que a extremidade da atmosfera elétrica na ponta mais aguda estaria mais distante do corpo eletrizado que em outras partes. Dessa maneira, a matéria elétrica dessa parte da atmosfera seria menos atraída pelas partículas de matéria comum do corpo, ficando mais suscetível a deixar o corpo elétrico pela atração proveniente de outros corpos não eletrizados ou eletrizados negativamente. Por essa razão, a ideia da atmosfera elétrica ter o mesmo formato do corpo era fundamental. Sem dúvida, foi um conceito elegante para tratar o poder das pontas em lançar o fogo elétrico de corpos eletrizados.

O conceito de atmosferas elétricas possuía alguns reveses que Franklin não conseguiu solucionar. O primeiro deles referiu-se à explicação de como um corpo pontudo não eletrizado ou eletrizado negativamente poderia extrair fluido elétrico da atmosfera de outro. O item destinado a explicar esse outro efeito (17) não incluiu uma explicação tão detalha-

da como os anteriores, que trataram do lançamento de fogo elétrico. Franklin discutiu algumas situações em que corpos pontiagudos extrairiam fogo elétrico e corpos embotados não, mas explicou como isso aconteceria apenas por uma analogia simples. Segundo ele, assim como não poderíamos arrancar um punhado de pelos de cavalo de uma vez, um corpo embotado não poderia extrair o fogo elétrico tão facilmente de corpos eletrizados positivamente. Por outro lado, a extração por corpos pontudos seria como arrancar pelo por pelo, sendo, portanto, mais fácil. Franklin não deu outros detalhes de como seria esse mecanismo e, em um trecho seguinte do texto, chegou a reconhecer que não tinha "nada melhor para oferecer".

O segundo revés do conceito de atmosferas elétricas teve relação com a repulsão entre corpos eletrizados negativamente. Enquanto a repulsão de corpos eletrizados positivamente poderia ser facilmente elucidada pensando em excesso de matéria elétrica em ambos, ocasionando a repulsão, como isso poderia ser explicado em corpos que não possuíam atmosfera elétrica e, mais grave, que sequer possuíam suas quantidades naturais de matéria elétrica? Franklin não solucionou esse problema no "Opiniões e conjecturas".

O assunto foi resolvido por Æpinus. De maneira simplificada, podemos dizer que ele propôs que as partículas de tipos iguais se repeliam, inclusive as de matéria comum, ao contrário do que Franklin havia indicado. Corpos não eletrizados não se repeliam por conta da matéria elétrica presente neles, em seus estados naturais. Quando ela era retirada, como na eletrização negativa, a repulsão entre as partículas de matéria comum não seria atenuada mais, provocando o afastamento de dois corpos com falta de matéria elétrica. A revisão de Æpinus não chegou a ser comentada criticamente por Franklin, pois, quando foi feita, em 1759, sua atuação na filosofia natural tinha dado lugar a outros interesses.[168]

A questão seguinte abordada por Franklin foi a interação entre o vidro e o fluido elétrico. De maneira geral, os filósofos

---

[168] Cohen, 2007, p. 852.

naturais da época pressupunham que o fluido elétrico poderia atravessar o vidro e influenciar objetos. Watson foi um deles. Um experimento bastante conhecido da época parecia corroborar essa suposição. Ele consistia de uma pena, inserida em um pequeno frasco de vidro hermeticamente fechado. Quando um tubo de vidro eletrizado se aproximava, a pena se movimentava, demonstrando que o fluido elétrico do tubo havia passado pelo vidro e influenciado a pena. Franklin descreveu esse experimento no "Opiniões e conjecturas", mas apresentou uma questão: se o fluido elétrico atravessava o vidro, como uma garrafa de Leiden poderia ser carregada? Afinal, o vidro não ficaria com sua quantidade normal de fluido elétrico?

Para responder a essa pergunta, Franklin elaborou uma sofisticada interpretação. Para ele, não restava dúvida de que o vidro atraía fortemente a matéria elétrica. A atração seria tão forte que a única maneira de mover o fluido elétrico natural do vidro seria atrelar materiais não elétricos às suas duas superfícies, ou seja, condutores. Quando o fluido elétrico era transmitido para o fio da garrafa em direção ao não elétrico interno, ele gerava uma atmosfera elétrica sobre a superfície interna do vidro, estando essa atmosfera no não elétrico.

Esse excedente de fluido elétrico eletrizava positivamente o vidro e, pela repelência mútua de partículas de matéria elétrica, forçava o fluido elétrico da superfície externa para fora, em direção ao não elétrico que a recobria. Estando esse revestimento de não elétrico externo aterrado – por estar em contato com as mãos do experimentador, por exemplo – o fluido elétrico deixava a garrafa. Isso ocorria até que não houvesse mais fluido elétrico na superfície externa do vidro, com uma quantidade excedente equivalente no lado interno. A garrafa, portanto, estava carregada. O equilíbrio só era reestabelecido quando as duas superfícies de vidro entravam em contato, ocasionando uma faísca e o transporte do excesso de fluido elétrico do lado interno para o externo.[169] Franklin também indicou que o processo contrário

[169] Heilbron, 1979, p. 331; Cohen, 1956, p. 474-475.

poderia ser feito, ou seja, a garrafa de Leiden poderia ser carregada também pela superfície externa.

Um elemento fundamental da explicação de Franklin residiu em sua concepção sobre a estrutura do vidro. Por qual razão a matéria elétrica de uma parte do vidro não poderia preencher os espaços vazios deixados pela matéria elétrica da outra, que foi empurrada pela repulsão para o revestimento não elétrico externo? Em primeiro lugar, Franklin definiu o que entendia por superfície do vidro. Para ele, cada uma das superfícies, externa e interna, possuía metade da espessura do vidro. Em seguida, ele propôs que o vidro, ao ser resfriado durante seu processo de fabricação, liberava seu fogo comum, deixando poros vazios entre suas partículas. Esses poros eram ocupados pela matéria elétrica, devido à grande atração desta com as partículas do vidro.

Com o processo de resfriamento chegando ao fim, esses poros agora ocupados pela matéria elétrica ficariam muito estreitos, não deixando que ela se movesse de uma superfície a outra, isto é, ela estaria presa. Porém, mesmo que ela não pudesse se mover, a repelência entre suas partículas poderia ocorrer. Temos, então, a seguinte estrutura: o vidro possuía duas superfícies, preenchidas por matéria elétrica; partículas dessa matéria não podiam passar de uma superfície a outra, por conta da pequenez dos poros; a repelência entre essas partículas, porém, podia passar de uma superfície a outra.

De acordo com a concepção de Franklin sobre a estrutura do vidro, quando uma quantidade de fluido elétrico preenchia o revestimento de não elétrico interno, formando uma atmosfera elétrica em torno da superfície de vidro interna, ocorria um desequilíbrio nas repulsões, fazendo com que a matéria elétrica da superfície externa fosse empurrada para fora. No entanto, havia um detalhe importante: o revestimento não elétrico externo. Apenas quando esse revestimento estivesse presente e, principalmente, aterrado, isso poderia ocorrer.

De outra forma, não poderíamos injetar fluido elétrico adicional e, consequentemente, não poderíamos carregar a garrafa. Com o revestimento não elétrico externo aterrado –

ao ser segurado pela mão do experimentador, por exemplo – a matéria elétrica da superfície externa saía definitivamente, ficando ausente de um lado e em excesso do outro. Franklin, portanto, estabeleceu a importância dos revestimentos de não elétrico dentro e fora da garrafa. Caso ele não fosse anexado à superfície do vidro, o carregamento jamais poderia ocorrer, uma vez que a matéria elétrica da superfície externa não poderia ser empurrada ao ar, um elétrico já preenchido com sua quantidade natural de matéria elétrica.

A hipótese de Franklin sobre a estrutura do vidro, embora a princípio tão sofisticada quanto as outras, padece com alguns problemas. O que determina a separação entre as duas superfícies exatamente no meio da espessura do vidro, por exemplo? Por que a repelência entre as partículas de matéria elétrica pode atravessar essa linha divisória, mas as partículas não, mesmo sendo tão diminutas, a ponto de poder sair de suas respectivas superfícies? Pontos como esses não foram explicados por Franklin. Em um momento posterior, ele reconheceu a fragilidade de sua hipótese.[170]

À parte de sua concepção sobre a estrutura do vidro, a explicação de Franklin para o funcionamento da garrafa de Leiden em si é bastante elucidativa. Um leitor mais atento certamente verá semelhanças entre ela e ao que entendemos atualmente por indução elétrica. De fato, suas ideias a esse respeito foram aprimoradas posteriormente, pelo próprio Franklin e por outros filósofos naturais que aceitavam sua teoria para a eletricidade, como Canton, possibilitando uma interpretação bastante coerente dos fenômenos envolvidos. [171] Deve-se ressaltar, contudo, que nem Franklin nem seus contemporâneos imediatos elaboraram os modernos conceitos de indução elétrica, que seriam plenamente desenvolvidos no século XIX. Suas ideias são semelhantes, mas não estão relacionadas a conceitos do eletromagnetismo, área que não existia na época.

---

[170] Cohen, 1956, p. 476, n. ‡.

[171] Cohen, 2007, p. 848-849.

A análise da garrafa de Leiden levou Franklin a argumentar sobre a diferença entre corpos elétricos e não elétricos. De acordo com o autor, a primeira particularidade era a possibilidade de retirar todo o fluido elétrico de um não elétrico, deixando-o eletrizado negativamente. Isso era impossível no vidro, um elétrico, uma vez que apenas o fluido de uma de suas superfícies poderia ser retirado. A segunda particularidade era o livre movimento do fluido nos não elétricos, que não possuíam uma estrutura rígida como as dos elétricos, a qual impedia o trânsito do fluido.

Em meio às suas discussões sobre o poder das pontas e antes de apresentar suas ideias acerca da estrutura do vidro, Franklin abordou um dos experimentos que o tornaria célebre: o experimento da guarita. Como apontei anteriormente,[172] esse experimento foi reproduzido com sucesso em terras francesas, impulsionando a fama de Franklin na Europa. O experimento foi descrito no "Opiniões e conjecturas" e foi um derivado direto de suas concepções sobre a formação das tempestades, discutidas em uma carta anterior a John Mitchel.[173] Franklin afirmou que, para determinar se as nuvens em temporais com raios estavam eletrizadas, bastava colocar, no alto de uma torre, uma guarita com tamanho suficiente para comportar um homem em seu interior, sobre uma superfície isolante. Desse suporte isolante, subiria uma grande haste metálica pontuda, erigida até uma distância de cerca de 9 metros.

Segundo Franklin, quando nuvens de temporais passassem por cima da haste pontuda, pelo seu poder de extrair o fluido elétrico, este seria transmitido por ela. Para observar faíscas e evitar qualquer perigo, o homem poderia aproximar um fio aterrado preso a um cabo de cera. Isolado, o homem veria faíscas entre a haste e o fio. Assim como na carta a Mitchel, Franklin não acreditava que haveria grande risco à vida do experimentador ao lidar com os temporais com raios e trovões, mesmo que ele aproximasse os nós dos próprios

[172] Ver o Capítulo 1.

[173] Ver o Capítulo 3, seção 3.3.

dedos à haste. Certamente, ele não se referiu a uma situação em que um raio atingisse a haste, considerando apenas a passagem de nuvens eletrizadas sobre ela.

Nesse ponto, vale ressaltar três aspectos relevantes do experimento proposto por Franklin. Em primeiro lugar, ele não deixou claro que realizou o experimento antes de enviar a comunicação a Collinson. No texto, ele é bem explícito ao dizer que o experimento deveria "ser tentado onde ele possa ser feito convenientemente". Assim como no caso do experimento da pipa,[174] Franklin vislumbrou meios de demonstrar a eletrização das nuvens em temporais, realizando efetivamente os experimentos propostos somente após a comunicação a seus correspondentes.

Em segundo lugar, ao contrário do que geralmente se imagina, Franklin não denominou o aparato descrito no experimento como um para-raios. Como a descrição do experimento mostra, a haste pontuda está conectada ao suporte de não elétrico, ou seja, não está aterrada. O objetivo principal desse experimento era determinar se as nuvens estavam eletrizadas ou não e se essa eletricidade era a mesma daquela obtida por uma garrafa de Leiden. Caso a haste fosse aterrada, nenhuma faísca poderia ser obtida, uma vez que toda a eletricidade das nuvens iria diretamente ao chão. [175] Há uma breve menção sobre a utilidade de corpos pontudos em preservar os edifícios, quando aterrados, mas Franklin não avança essa discussão como um aparato a ser explorado comercialmente, por exemplo.

Em terceiro lugar, ele não considerava muito perigosa a interação com as nuvens eletrizadas em temporais. Franklin imaginava que o experimento seria uma versão ampliada daqueles com garrafas de Leiden. Essa opinião, obviamente, foi modificada depois, com os acidentes ocorridos com pessoas que tentaram replicar o experimento da guarita, como Richmann. Portanto, apesar da aura fantasiosa em torno do para-raios, o relato de Franklin foi mais simples e mais dire-

---

[174] Ver o Capítulo 3, seção 3.6.

[175] Cohen, 1956, p. 487.

cionado a entender a extração de eletricidade das nuvens, não a incidência de raios propriamente.

A proposta do experimento da guarita tornou-se conhecida com a publicação da primeira parte da primeira edição do *Experiments and observations* de Franklin, em 1751. Logo o texto foi traduzido ao francês por D'Alibard, por intermédio do conde de Buffon, e o experimento foi testado no começo de maio de 1752, pelo próprio D'Alibard e alguns colegas. [176] Detalhes dessa reprodução chegaram ao conhecimento dos britânicos por meio de uma carta escrita pelo abade Guillaume Mazéas a Stephen Hales, publicada em seguida nas *Philosophical Transactions*, com data de 20 de maio de 1752. Em um dos trechos, Mazéas afirmou que o rei da França – Luís XV – manifestou o desejo de verificar as hipóteses de Franklin sobre a relação entre raios e eletricidade. Ele continuou:

> Sr. D'Alibard escolheu, para esse propósito, um jardim situado em Marly, onde colocou sobre um corpo elétrico uma barra de ferro pontuda, de 40 pés [≈ 12 m]. Em 10 de maio, 20 minutos depois das 2 da tarde, uma nuvem de tempestade tendo passado por cima do lugar onde a barra estava, aqueles que foram designados a observá-la, extraíram a pouca distância e atraíram dela faíscas de fogo [elétrico], percebendo o mesmo tipo de excitação como em experimentos elétricos comuns.[177]

Dessa forma, o ensaio "Opiniões e conjecturas" apresentou a consolidação do pensamento de Franklin sobre a eletricidade. Sendo um dos materiais mais extensos de todas as demais comunicações sobre o tema, o ensaio garantiu a Franklin a prioridade em diversos aspectos conceituais e experimentais da eletricidade, contribuindo para torná-lo conhecido no círculo de filósofos naturais europeus do século XVIII.

---

[176] Extratos das memórias de D'Alibard foram inseridos na quinta edição do *Experiments and observations* e podem ser conferidos em Cohen (1941, p. 257-262).

[177] Mazéas, 1751-1752, p. 534-535.

Tradução[178]

ARTIGOS ADICIONAIS

A

PETER COLLINSON, *Esq;* F.R.S. *Londres*.

29 de julho de 1750

SENHOR,

Como você foi o primeiro a nos instigar a [fazer] experimentos elétricos, ao enviar à nossa biblioteca um tubo com instruções de como utilizá-lo; e como nosso honrado proprietário nos possibilitou conduzir esses experimentos a uma maior perfeição, por seu generoso presente de um aparato elétrico completo, é justo que ambos devam saber, de tempos em tempos, que progresso fizemos. Foi nessa perspectiva [que] escrevi e mandei para você meus primeiros artigos nesse assunto, desejando que, como não tive a honra de [ter trocado] uma correspondência direta com aquele caridoso benfeitor para a nossa biblioteca, eles [os artigos] possam ser comunicados a ele através de suas mãos. Na mesma perspectiva, escrevo e envio a você esse artigo adicional. Se, por acaso, ele não trouxer nada novo a você (o que pode acontecer, considerando o número de engenhosos homens na *Europa*, continuamente engajados nas mesmas pesquisas), pelo menos mostrará que os instrumentos colocados em nossas mãos não são negligenciados. E, caso nenhuma descoberta valiosa tenha sido feita por nós, qualquer que seja a causa, não foi [por] falta de esforço e aplicação.

Eu sou, Senhor,
Seu muito grato
Humilde Servo
B. FRANKLIN

[p. 54] OPINIÕES *e* CONJECTURAS, *acerca das Propriedades e Efeitos da Matéria elétrica, advindas de Experimentos e Observações, feitos na* Filadélfia, 1749.

---

[178] A tradução teve a colaboração de Thátyusce Bonfim. O texto original pode ser consultado em Franklin (1769, p. 53-88).

§. 1. A matéria elétrica consiste de partículas extremamente sutis, já que pode permear a matéria comum, até os mais densos metais, com tal facilidade e liberdade, de modo a não receber qualquer resistência perceptível.

2. Se alguém duvidar se a matéria elétrica passa através da substância dos corpos, ou somente por cima e ao longo de suas superfícies, um choque de uma garrafa grande eletrizada, tomado através de seu próprio corpo, provavelmente o convencerá.

3. A matéria elétrica difere da matéria comum nisso, que as partes da última se atraem mutuamente, [e] aquelas da primeira repelem umas às outras mutuamente. Por isso, a divergência aparente em uma corrente de eflúvios eletrizados.

4. Mas, embora as partículas da matéria elétrica de fato repilam umas às outras, elas são fortemente atraídas por toda outra matéria*.

[p. 55] 5. A partir dessas três coisas, a extrema sutileza da matéria elétrica, a mútua repulsão de suas partes e a forte atração entre ela e outra matéria, surge esse efeito, que, quando uma quantidade de matéria elétrica é aplicada a uma massa de matéria comum, de qualquer grandeza ou comprimento, ao alcance de nossa observação (a qual ainda não adquiriu a sua quantidade [máxima de matéria elétrica]), [a matéria elétrica] é imediata e igualmente difundida pelo todo.

6. Assim, a matéria comum é como uma esponja para o fluido elétrico. E como uma esponja não receberia água se as partes de água não fossem menores que os poros da esponja; e, mesmo assim, mas lentamente, se não existisse uma atração mútua entre aquelas partes [de água] e as partes da esponja; e ainda a embeberia mais rápido se as atrações mútuas entre as partes da água não impedissem, [com] alguma força sendo necessária

* Veja os engenhosos ensaios sobre Eletricidade, nas [*Philosophical*] *Transactions*, pelo Sr. Ellicot.

para separá-las; e mais rápido se, em vez da atração, houvesse uma repulsão mútua entre aquelas partes [de água], que atuaria em conjunto com a atração da esponja. Tal é o caso entre a matéria elétrica e comum.

7. Mas, na matéria comum há (geralmente) tanto do [fluido] elétrico quanto ela conterá dentro de sua substância. Se mais é adicionado, ele repousa sobre a superfície e forma o que chamamos de uma atmosfera elétrica, e assim o corpo é dito estar eletrizado.
8. É suposto que todos os tipos de matéria comum não atraem e [não] retêm o [fluido] elétrico com igual vigor e força, por razões a serem dadas daqui em diante. E que aqueles [p. 56] chamados elétricos *per se*, como o vidro etc., o atraem e o retêm mais fortemente, e contêm a maior quantidade.
9. Sabemos que o fluido elétrico está *dentro* da matéria comum, porque podemos bombeá-lo para *fora* por meio do globo ou do tubo. Sabemos que a matéria comum possui [uma quantidade de fluido elétrico] aproximadamente tanto quanto ela pode conter porque quando adicionamos um pouco mais a qualquer parte dela, a quantidade adicional não entra, mas forma uma atmosfera elétrica. E sabemos que a matéria comum não tem (geralmente) mais do que pode conter, caso contrário todas suas porções soltas repeliriam umas às outras, assim como fazem constantemente quando possuem atmosferas elétricas.
10. Ainda não estamos bem familiarizados com os usos benéficos desse fluido elétrico na criação,[179] embora sem dúvida eles existam, e esses muito consideráveis. Mas, podemos pensar em algumas consequências perniciosas que resultariam de uma proporção muito maior dele. Pois, tivesse esse globo em que vivemos tanto dele na proporção que podemos dar a um globo de ferro, madeira ou semelhante, as partículas de

[179] Franklin se referiu à palavra criação em um sentido bíblico.

poeira e outras matérias leves que se desprendem dele [do globo terrestre], iriam, pela virtude de suas atmosferas elétricas separadas, não somente repelir umas às outras, mas ser repelidas pela Terra, e não seriam facilmente trazidas para se unir novamente a ela. Por isso, nosso ar continuamente seria mais e mais enchido com matérias estranhas e se tornaria impróprio para a respiração. Isso oferece outra ocasião de adorar aquela sabedoria que fez todas as coisas por peso e medida![180]

11. Se um pedaço de matéria comum supostamente estiver inteiramente livre de matéria elétrica, e uma única partícula da [p. 57] última for trazida para perto, ela será atraída e entrará no corpo, e tomará um lugar no centro, ou onde a atração seja igual em todos os lados. Se mais partículas entrarem, elas tomarão seus lugares onde a estabilidade é igual entre a atração da matéria comum, e suas próprias repulsões mútuas. É suposto [que] elas formem triângulos, cujos lados diminuem à medida que o número delas aumenta, até que a matéria comum tenha contraído [matéria elétrica] em tanta quantidade, que todo o seu poder de comprimir esses triângulos pela atração, seja igual ao seu poder [da matéria elétrica] de se expandir pela repulsão, e assim esse pedaço de matéria não receberá mais [matéria elétrica].
12. Quando parte dessa proporção natural de fluido elétrico é retirada de um pedaço de matéria comum, os triângulos formados pelo restante devem aumentar, pela repulsão mútua das partes, até que ocupem a peça inteira.
13. Quando a quantidade de fluido elétrico, tomado de um pedaço de matéria comum, é devolvida novamente, ela entra, os triângulos expandidos sendo de novo comprimidos até haver espaço para o todo.

[180] O termo original é *by weight and measure*. Trata-se de uma expressão de Franklin para dizer que as coisas do mundo foram feitas de maneira perfeitamente precisa e calculada por alguma inteligência superior e divina.

14. Para explicar isso: pegue duas maçãs, ou duas bolas de madeira ou [de] outra matéria, cada uma tendo sua própria quantidade natural de fluido elétrico. Suspenda-as por linhas de seda a partir do teto. Ponha em contato o fio de um frasco bem carregado, segurado em sua mão, a uma delas (A) *Fig. 7*, e ela vai receber do fio uma quantidade de fluido elétrico, mas não o absorverá, estando já cheia [de fluido elétrico]. O fluido, portanto, circulará em torno de sua superfície, e formará uma atmosfera elétrica. [p. 58] Traga A em contato com B, e metade do fluido é comunicado, tal que cada uma tem agora uma atmosfera elétrica e, portanto, repelem uma à outra. Tire essas atmosferas ao tocar as bolas [com as mãos, por exemplo], e as deixe em seus estados naturais. Então, tendo fixado uma vara de cera no meio do frasco para segurá-lo, aplique o fio em A, ao mesmo tempo em que o revestimento [do frasco] toca B.[181] Assim uma quantidade do fluido elétrico será extraída de B, e lançada em A, tal que A possuirá um excesso desse fluido, que forma uma atmosfera em volta dela, e B uma deficiência exatamente igual. Agora, traga essas bolas novamente em contato, e a atmosfera elétrica não será dividida entre A e B, em duas atmosferas menores como antes, pois B beberá toda a atmosfera de A, e ambas se encontrarão novamente em seus estados naturais.[182]

[181] Esse arranjo é o que de fato a Figura 7 mostra.

[182] Essa é uma adaptação do experimento das pessoas sobre a cera, descrito em sua segunda carta a Collinson. Ver Capítulo 3, seção 3.2.
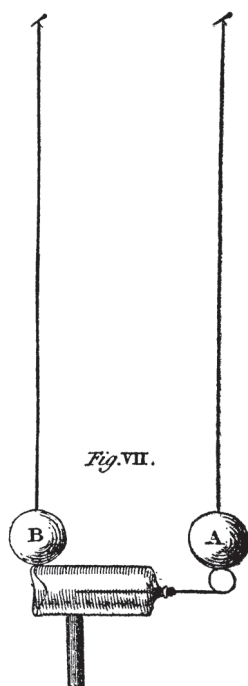
Figura 7 – Ilustração de Franklin para representar o arranjo experimental descrito no item 14. É possível notar o cabo de cera que segura o tubo de vidro.

Fonte: Franklin (1769, Plate 1).

15. A forma da atmosfera elétrica é aquela do corpo que ela circunda. Esse formato pode se tornar visível em um ar calmo, ao levantar uma fumaça de resina seca, colocada em uma colher de chá quente sob o corpo eletrizado, a qual será atraída, e se espalhará igualmente em todos os lados, cobrindo e escondendo o corpo[*, 183]. E essa forma ela assume porque é atraída por todas as partes da superfície do corpo, ainda que não

[*] Ver página 6.

[183] Ver Capítulo 3, seção 3.2, p. 58.

possa entrar na substância já repleta [de sua própria matéria]. Sem essa atração, ela não permaneceria ao redor do corpo, mas se dissiparia no ar.

[p. 59] 16. A atmosfera de partículas elétricas circundando uma esfera eletrizada, não está mais disposta a deixá-la ou ser extraída mais facilmente de qualquer parte da esfera que de outra, porque é igualmente atraída por qualquer parte. Mas, esse não é o caso para corpos de qualquer outro formato. De um cubo, ela [a atmosfera elétrica] é mais facilmente extraída nos cantos que pelos lados planos, e assim dos ângulos de um corpo de qualquer outra forma, e ainda mais fácil de um ângulo que é mais agudo. Assim, se um corpo formado por A, B, C, D, E na Figura 8 for eletrizado, ou tiver uma atmosfera elétrica comunicada a ele, e considerarmos cada lado como uma base sobre a qual as partículas [da atmosfera elétrica] ficam, e pelas quais elas são atraídas, pode-se ver, imaginando uma linha de A à F e outra de E à G, que a porção de atmosfera incluída em F, A, E, G, tem a linha AE como sua base. Assim a porção da atmosfera incluída em H, A, B, I, tem a linha A, B como sua base. E, da mesma forma, a porção incluída em K, B, C, L tem B, C para se apoiar, e tal qual no outro lado figura. Agora, se você extraísse essa atmosfera com qualquer corpo liso e embotado, e aproximar o meio do lado A, B, você deverá chegar bem perto, antes que a força do [objeto] que atrai exceda a força ou o poder com o qual aquele lado segura sua atmosfera. Porém, existe uma pequena porção entre I, B, K, que tem menos da superfície para ser atraída e para se apoiar que as porções vizinhas [têm], enquanto que, ao mesmo tempo, existe uma repulsão mútua entre suas partículas e as partículas daquelas porções. Portanto, aqui você pode conseguir isso [extrair a atmosfera elétrica] com mais facilidade, ou a [p. 60] uma distância maior. Entre F, A, H existe uma porção mais larga que tem menos superfície para se apoiar, e para

atraí-la. Aqui, portanto, você pode retirá-la [a atmosfera elétrica] ainda mais facilmente. Porém, mais fácil de todas entre L, C, M, onde a quantidade é a maior, e a superfície para atraí-la e retê-la é a mínima. Quando você já tiver retirado uma dessas porções angulares do fluido [elétrico], outra a sucederá em seu lugar, pela natureza da fluidez e pela repulsão mútua mencionada anteriormente e, assim, a atmosfera continua fluindo para fora nesse ângulo, como uma corrente, até que nenhuma [porção do fluido elétrico] reste. As extremidades das porções da atmosfera sobre essas partes angulares estão da mesma forma a uma grande distância do corpo eletrizado, como pode ser visto pela inspeção da figura acima,[184] o ponto da atmosfera do ângulo C, estando muito mais longe de C, que de qualquer outra parte da atmosfera acima das linhas C, B ou B, A. E, fora a distância consequente da natureza da figura, onde a atração é menor, as partículas vão naturalmente expandir para uma maior distância, pela repulsão mútua entre elas. Nessas considerações, supomos que corpos eletrizados descarregam mais facilmente suas atmosferas em corpos não eletrizados, e a uma maior distância de seus ângulos e pontas que a partir de seus lados lisos. Aquelas pontas descarregarão também no ar, quando o corpo possuir demasiada atmosfera elétrica, sem aproximar qualquer [corpo] não elétrico para receber o que é lançado. Pois, o ar, embora um elétrico *per se*, ainda tem sempre mais ou menos água e outras matérias não elétricas misturadas a ele, e essas atraem e recebem o que é então descarregado.

[184] No caso, a Figura 8, a seguir.
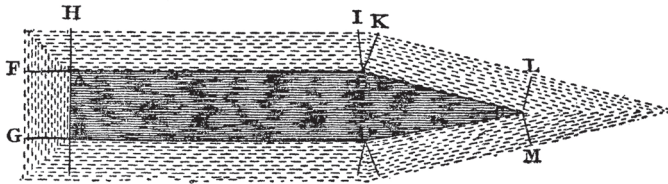
Figura 8 – A atmosfera elétrica ao redor de um corpo pontudo. Para Franklin, ela teria exatamente a forma do corpo que envolve e seria mais fácil extrair fluido elétrico das pontas, por conta da pouca atração do corpo sobre a atmosfera.

Fonte: Franklin (1769, Plate I).

[p. 61]17. Não obstante, pontas possuem uma propriedade, pela qual elas *extraem* e *lançam* o fluido elétrico, em distâncias maiores do que corpos embotados conseguem. Isto é, assim como a parte pontuda de um corpo eletrizado descarregará a atmosfera daquele corpo, ou a comunicará a maior distância a outro corpo, assim a ponta de um corpo não eletrizado extrairá a atmosfera de um corpo eletrizado, mais longe que uma parte embotada do mesmo corpo conseguirá. Assim, um alfinete segurado pela cabeça, e a ponta apontada para um corpo eletrizado, extrairá sua atmosfera a um pé [≈ 30 cm] de distância; onde, se a cabeça fosse apresentada, ao invés da ponta, nenhum efeito ocorreria. Para entender isso, podemos considerar que, se uma pessoa de pé no chão extraísse a atmosfera elétrica de um corpo eletrizado, um pé de cabra e uma agulha de tricô embotada segurados alternadamente em sua mão, e apresentados para esse propósito, não extrairiam com forças diferentes na proporção de suas diferentes massas. Pois, o homem e o que segura em sua mão, sendo grande ou pequeno, estão conectados com a massa comum da matéria não eletrizada, e a força com a qual ele extrai é a mesma em ambos os casos, isso dependendo da diferente proporção de ele-

tricidade no corpo eletrizado e nessa massa comum. Mas, a força com a qual o corpo eletrizado retém sua atmosfera por atraí-la é feita proporcional à superfície sobre a qual as partículas [da atmosfera elétrica] estão, *i. e.,* quatro polegadas quadradas [≈ 25 cm²] dessa superfície retêm suas atmosferas com quatro vezes a força que uma polegada quadrada [≈ 6 cm²] retém sua atmosfera. E, assim como ao arrancar os pelos do rabo de um cavalo [p. 62], um grau de força não é suficiente para remover um punhado de uma vez só – poderia, entretanto, facilmente tirá-lo pelo por pelo –; assim um corpo embotado não pode extrair um número de partículas de uma vez só. Porém, um [corpo] pontiagudo, sem maior força, as leva facilmente, partícula por partícula.

18. Essas explicações do poder e do funcionamento das pontas, quando me ocorreram pela primeira vez, e enquanto inicialmente flutuaram em minha mente, pareceram perfeitamente satisfatórias. Mas, agora que eu as escrevi, e as considerei mais de perto em preto e branco,[185] devo confessar que tenho algumas dúvidas sobre elas. Ainda assim, como agora não tenho nada melhor para oferecer no lugar delas, não as descarto. Pois, mesmo uma solução ruim lida, e suas falhas descobertas, tem muitas vezes dado origem a uma boa [solução] na mente de um leitor engenhoso.

19. Também não é de tanta importância para nós saber a maneira com a qual a natureza executa suas leis. É suficiente se soubermos as leis em si. É de verdadeira utilidade saber que porcelana deixada desamparada no ar vai cair e quebrar, mas *como* ela vem a cair e *por que* ela quebra são questões de especulação. É realmente um prazer sabê-las, mas nós podemos preservar nossa porcelana sem isso.

[185] Expressão de Franklin para dizer que considerou as explicações detalhadamente.

20. Assim, no presente caso, saber esse poder das pontas pode possivelmente ser de alguma utilidade para a humanidade, embora nunca seremos capazes de explicá-lo. Os experimentos a seguir, assim como aqueles em meu primeiro artigo, mostram esse poder. Eu tenho um condutor primário grande, feito de várias folhas finas de papelão de vendedor de tecidos, dispostas como um tubo, próximo de [p. 63] dez pés [≈ 3 m] de comprimento e um pé [≈ 30 cm] de diâmetro. Ele é ornado com papel estampado holandês, quase totalmente dourado. Essa grande superfície metálica suporta uma atmosfera muito maior que uma barra de ferro de 50 vezes do [seu] peso suportaria. Ele é suspenso por linhas de seda, e quando carregado golpeia a aproximadamente duas polegadas [≈ 5 cm] de distância, um choque bem forte, de modo a fazer doer os nós [dos dedos] de alguém. Deixe uma pessoa em pé no chão colocar a ponta de uma agulha a 12 [≈ 30 cm] ou mais polegadas de distância dele. E, enquanto a agulha é assim apontada, o condutor não pode ser carregado, a ponta extraindo o fogo tão rápido quanto ele é lançado pelo globo elétrico. Deixe ele ser carregado, e então coloque a ponta à mesma distância, e será repentinamente descarregado. No escuro você pode ver uma luz na ponta, quando o experimento é feito. E, se a pessoa segurando a ponta ficar sobre cera, ela será eletrizada por receber o fogo àquela distância. Tente extrair a eletricidade com um corpo embotado, como um pino de ferro arredondado no fim e liso (um embutidor de ferro[186] de um prateiro, de uma polegada [≈ 3 cm de espessura], foi o que eu usei) e você deve trazê-lo a uma distância de três polegadas [≈ 8 cm] antes de poder fazê-lo, e então é feito com um choque e um barulho. Como o

[186] O termo original utilizado por Franklin foi *iron punch*. Trata-se uma ferramenta de prateiros e ourives, com formato igual ao descrito por ele, ou seja, um pino com uma bola em uma das extremidades.

tubo de papelão pende solto nas linhas de seda, quando você se aproxima dele com o embutidor de ferro, ele, da mesma forma, vai se aproximar do embutidor, sendo atraído enquanto é carregado. Mas, se no mesmo instante uma ponta for colocada como antes, [o tubo] afasta-se novamente, pois a ponta o descarrega. Pegue um par de balanças grandes de bronze, com o travessão de dois [≈ 61 cm] ou mais pés, as cordas das balanças sendo de seda. Suspenda [p. 64] o travessão da balança por um barbante a partir do teto, tal que o fundo das balanças esteja a aproximadamente um pé [≈ 30 cm] do chão. As balanças se moverão em um círculo por causa do desenrolamento do barbante. Coloque o embutidor de ferro no final, sobre o chão, em um lugar tal que as balanças possam passar por cima dele ao fazerem seus círculos. Então, eletrifique uma balança, aplicando nela o fio de um frasco carregado. Conforme giram, você vê que a balança se aproxima do chão, e mergulha mais quando passa sobre o embutidor. E, se colocada a uma distância apropriada, a balança estalará e descarregará seu fogo nele. Mas, se uma agulha estiver anexada na extremidade do embutidor, com sua ponta para cima, a balança, em vez de se aproximar do embutidor, e estalar, descarrega seu fogo silenciosamente através da ponta, e sobe mais alto do embutidor. Mais ainda, mesmo que a agulha [seja] colocada sobre o chão, perto do embutidor, com a sua ponta para cima, a extremidade do embutidor, embora muito mais elevada que a agulha, não atrairá a balança e não receberá seu fogo [elétrico], pois a agulha o apanhará e o transmitirá para longe, antes que ela chegue perto o bastante para o embutidor agir. E isso é constantemente observado nesses experimentos, que, quanto maior quantidade de eletricidade no tubo de papelão, mais longe ele golpeia ou descarrega o seu fogo [elétrico], e a ponta o extrairá igualmente a uma distância ainda maior.

Agora, se o fogo da eletricidade e aquele do raio forem o mesmo, como me esforcei para mostrar detalhadamente, em uma carta anterior,[187] esse tubo de papelão e essas escalas podem representar nuvens eletrizadas. Se um tubo de apenas dez pés [≈ 3m] [p. 65] de comprimento golpear e descarregar seu fogo no embutidor a duas ou três polegadas [≈ 5 cm], uma nuvem eletrizada de possivelmente 10.000 acres [≈ 4 km²] pode golpear e descarregar na Terra a uma distância proporcionalmente maior. O movimento horizontal das balanças sobre o chão pode representar o movimento das nuvens em cima da Terra, e o embutidor ereto, [pode representar] um morro ou um prédio alto. E, então, vemos como nuvens eletrizadas, passando por cima de morros ou de prédios com uma altura muito grande, podem ser atraídas para baixo até suas distâncias de golpe [de fogo elétrico]. E, por fim, se uma agulha fixada no embutidor com sua ponta para cima, ou mesmo no chão abaixo do embutidor, extrairá o fogo da balança silenciosamente a uma [distância] muito maior que a distância de golpe, e assim evitando sua descida em direção ao embutidor; ou, se em seu curso ela [a balança] se tornar próxima o suficiente para golpear, já sendo primeiro privada de seu fogo, ela não poderá [golpear com seu fogo elétrico], e o embutidor é assim protegido do choque. Eu digo, se essas coisas são assim, não poderia o conhecimento desse poder das pontas ser útil para a humanidade, em preservar casas, igrejas, navios etc., do alcance dos raios, por nos direcionar a fixar nas partes mais altas desses edifícios hastes verticais de metal, feitas afiadas como uma agulha e douradas para prevenir o enferrujamento, e do pé dessas hastes um fio para baixo do exterior do prédio, para o chão, ou para baixo ao redor

[187] Provavelmente, Franklin se referiu à carta a Mitchel, sobre a formação de temporais com raios e trovões. Ver Capítulo 3, seção 3.3.

de uma das mortalhas de um navio, e para baixo ao lado dela até que atinja a água? Essas hastes pontudas provavelmente não extrairiam o fogo elétrico silenciosamente de uma nuvem antes que ela [p. 66] chegasse perto o suficiente para golpear, e assim nos assegurariam desse mal mais súbito e terrível?

21. Para determinar a questão se as nuvens que contêm raios estão eletrizadas ou não, eu proporia um experimento para ser tentado onde possa ser feito convenientemente. No topo de alguma torre alta ou campanário, coloque um tipo de guarita (como na Fig. 9) grande o suficiente para conter um homem e um suporte elétrico. Do meio do suporte, deixe uma haste de ferro subir e passar dobrando para fora da porta, e então para cima 20 [≈ 6 m] ou 30 pés [≈ 9 m], a ponta sendo bem afiada no final. Se o suporte elétrico for mantido limpo e seco, um homem de pé em cima dele quando tais nuvens estão passando baixo, poderá ser eletrizado e produzir faíscas, a haste extraindo fogo [elétrico] da nuvem para ele. Se algum perigo ao homem for percebido (embora eu acho que não existiria nenhum) deixe ele ficar no chão de sua guarita, e ocasionalmente traga para perto da haste o laço de um fio que possui uma das extremidades amarradas aos fios condutores [aterrados], ele o segurando por um cabo de cera, tal que as faíscas, se a haste for eletrizada, golpeará da haste para o fio, e não o afetará.

Figura 9 – O experimento da guarita. O operador está parado sobre um suporte de cera, portanto, isolado. Do suporte sai a haste de ferro, que se estende por vários metros acima de uma guarita colocada no alto de um edifício.

Fonte: Franklin (1769, Plate I).

22. Antes de deixar esse assunto dos raios, eu devo mencionar algumas outras similaridades entre os efeitos desses e aqueles da eletricidade. Raios têm sido muitas vezes conhecidos por deixarem as pessoas cegas. Um pombo que aparentemente matamos por descargas elétricas, ao recuperar a vida, desfaleceu sobre o quintal [por] vários dias, não comeu nada, embora migalhas tenham sido lançadas a ele, não obstante se

recusou e morreu. Não pensamos que ele havia sido privado de [sua] visão, mas posteriormente um [p. 67] frango caiu morto da mesma maneira, sendo recuperado ao soprarmos repetidamente em seus pulmões, quando assentou no chão, correu precipitadamente contra a parede, e por [um] exame aparentava estar completamente cego. Consequentemente, concluímos que o pombo também havia sido absolutamente cegado pelo choque. O maior animal que já tínhamos matado, ou tentado matar, com o choque elétrico, foi um frango bem crescido.

23. Lendo no engenhoso relato do Dr. *Miles*[188] sobre a tempestade com trovões em *Streatham*, [sobre] o efeito do raio em descascar toda a tinta que cobria a moldura dourada de um painel de lambril, sem prejudicar o resto da pintura, eu tive a intenção de colocar uma camada de tinta sobre a filetagem de ouro na capa de um livro, e tentar o efeito de um raio elétrico forte enviado através desse ouro a partir de pedaço fino de vidro carregado. Mas, não tendo nenhuma tinta em mãos, colei uma faixa de papel estreita sobre ele, e, quando seco, transmiti o raio através do enfeite [de ouro], pelo qual o papel foi arrancado de ponta a ponta, com tanta força, que foi quebrado em vários lugares, e em outros levou parte da textura de couro de pavão na qual estava preso. E [isso] convenceu-me que, se tivesse sido pintado, a tinta teria sido arrancada da mesma maneira daquela no lambril em *Streatham*.

24. Os relâmpagos derretem metais, e eu sugeri em minha carta sobre esse assunto, que suspeitava que fosse uma fusão a frio. Não quero dizer uma fusão pela força do frio, mas uma fusão sem calor.[*, 189] Nós também

[188] Trata-se de um artigo de Henry Miles, publicado nas *Philosophical Transactions* em 1748.

[*] Ver nota na página 49.

[189] No original, a página correta é a de número 52. Ver Capítulo 3, seção 3.3, p. 79.

temos derretido ouro, prata e [p. 68] cobre, em pequenas quantidades, pelo lampejo elétrico. A maneira é essa: pegue [uma] folha de ouro, folha de prata ou folha de cobre dourado, comumente chamada de folha de latão, ou ouro holandês. Corte tiras estreitas e longas da folha, da largura de uma palha. Coloque uma dessas tiras entre duas tiras vidro liso que são aproximadamente da largura de seu dedo. Se uma tira de ouro, o comprimento da folha, não for longa o suficiente para o vidro, adicione outra [tira] ao fim dela, de modo que você tenha uma pequena parte deixada solta em cada extremidade do vidro. Ligue os pedaços de vidro de um fim a outro com um fio de seda forte, então o coloque [o conjunto vidros-tira] como se fosse parte de um circuito[190] elétrico, (as extremidades soltas do ouro sendo usadas para se juntar com as outras partes do circuito), e passe o lampejo [elétrico] através dele, a partir de uma grande garrafa eletrizada ou de um pedaço fino de vidro. Então, se suas tiras de vidro permanecerem inteiras, você verá que está faltando ouro em vários lugares, e em vez dele [verá] uma mancha metálica em ambos os vidros; as manchas nos vidros superior e inferior exatamente similares nos menores traços, como pode ser visto segurando-os contra a luz. O metal aparentou ter sido não somente derretido, mas vitrificado, ou de alguma forma impulsionado para dentro dos poros do vidro, de tal forma a ser protegido por ele da ação da mais forte *Aqua Fortis*, ou *Aqua Regia*.[191] Eu lhe envio como anexo dois pequenos pedaços de vi-

[190] Nas primeiras edições do *Experiments and observations*, Franklin utilizou a palavra *circle* (círculo). A partir da quarta edição, de 1769, ele alterou para a palavra que se tornara mais comum na época, *circuit* (circuito). Ver Cohen (1941, p. 149).

[191] No século XVIII, *Aqua Fortis* era o termo comum para o que hoje conhecemos como ácido nítrico (HNO_3), enquanto *Aqua Regia* representava uma mistura de ácido clorídrico (HCl) e ácido nítrico (EKLUND, 1975, p. 22).

dro com estas manchas metálicas sobre eles, que não podem ser removidas sem levar parte do vidro com elas. Às vezes, a mancha se espalha um pouco mais amplamente que a largura da folha [metálica], e parece mais brilhante na borda, como [p. 69] você pode observar inspecionando-as mais de perto. Algumas vezes o vidro se quebra em pedaços. Uma vez, o vidro superior quebrou em milhares de pedaços, parecendo sal grosso. Esses pedaços que eu mando para você foram manchados com ouro holandês. O ouro verdadeiro faz uma mancha mais escura, um pouco avermelhada; a prata, uma mancha esverdeada. Certa vez, pegamos dois pedaços de um espelho espesso, tão largo quanto uma régua de *Gunter*[192] e de seis polegadas [≈ 15 cm] de comprimento; e pondo folha de ouro entre eles, os colocamos entre dois pedaços planos e lisos de madeira, e os fixamos apertados em uma pequena prensa de encadernação. Embora estivessem tão estreitamente fixados, a força do choque elétrico despedaçou o vidro em muitas partes. O ouro estava derretido e manchado dentro do vidro, como de costume. As circunstâncias da quebra do vidro diferem muito ao fazer o experimento, e algumas vezes ele absolutamente não quebra. Mas, isso é constante, que as manchas nos pedaços superior e inferior são exatamente cópias umas das outras. E, embora eu tenha pegado os pedaços de vidro entre os meus dedos imediatamente após este derretimento, nunca pude perceber nenhum calor neles.

25. Em um dos meus artigos anteriores, eu mencionei que a douradura em um livro, embora em um primeiro momento tenha comunicado o choque perfeitamente bem, falhou depois de algumas experiências, o que

[192] Uma régua de Gunter é um tipo de régua de cálculo, inventado por Edmund Gunter no início do século XVII. Ver Burns (2001, p. 289).

nós não pudemos explicar.[193] Desde então, temos notado que um choque forte quebra a continuidade do ouro no filamento, e faz com que pareça um pouco como pó de ouro, a abundância de suas partes sendo quebrada e expelida, e ele raramente conduzirá [eletricidade] além de um choque forte. Talvez essa possa ser a razão: quando não há uma perfeita [p. 70] continuidade no circuito, o fogo [elétrico] deve pular acima dos buracos. Há uma certa distância em que ele é capaz de pular, de acordo com a sua força. Se um número de pequenos buracos, embora cada um seja muito pequeno, tomados em conjunto, excedem aquela distância, ele não pode pular sobre eles, e assim o choque é evitado.

26. A partir da lei da eletricidade anteriormente mencionada, [de] que pontas à medida em que são mais ou menos pontiagudas, extraem e lançam o fluido elétrico com mais ou menos poder, e a maiores ou menores distâncias, e em maiores ou menores quantidades ao mesmo tempo, podemos pensar [em] como considerar a situação da folha de ouro suspensa entre duas placas, a superior continuamente eletrizada, a inferior na mão de uma pessoa sobre o chão. Quando a placa superior é eletrizada, a folha é atraída, e erguida em direção a ela, e voaria para essa placa, não fosse por suas próprias pontas. O canto, que passa a estar mais elevado quando a folha está subindo, sendo uma ponta afiada, pela extrema finura do ouro, extrai e recebe a uma distância uma quantidade suficiente de fluido elétrico para dar-se uma atmosfera elétrica, por conta

[193] Franklin se refere a um experimento descrito na quarta carta a Collinson, de 29 de abril de 1749, uma continuação de sua terceira comunicação, que discutia essencialmente experimentos com garrafas de Leiden. Nessa carta, Franklin realmente afirmou que não soube explicar porque o filete de ouro não conduzia mais eletricidade. Na edição de 1769 do *Experiments and observations* ele incluiu uma nota com a explicação que colocou nesse item do "Opiniões e conjecturas". Ver Franklin (1769, p. 36).

da qual seu progresso para a placa superior é interrompido, e ela começa a ser repelida a partir daquela placa, e seria levada de volta para a placa inferior, mas seu canto mais inferior é da mesma forma uma ponta, e lança ou descarrega o excesso da atmosfera do ouro, tão rápido quanto o canto superior extrai [da placa superior]. Sendo essas duas pontas perfeitamente iguais em agudeza, o ouro tomaria lugar exatamente no meio do espaço, [p. 71] pois seu peso é uma ninharia, comparado com o poder agindo sobre ele. Mas, ela [a folha de ouro] está geralmente mais perto da placa não eletrizada [placa inferior], porque quando a folha é oferecida à placa eletrizada, a uma distância, a ponta mais afiada é geralmente primeiro afetada e elevada em direção a ela. Então, *aquela* ponta, pela sua maior agudeza, recebendo o fluido mais rápido que sua [ponta] oposta pode descarregá-lo à mesma distância, se afasta da placa eletrizada, e se aproxima da placa não eletrizada, até que chegue a uma distância onde a descarga possa ser exatamente igual a recebida, a última sendo reduzida, e a primeira aumentada; e ali ela [a folha] permanece enquanto o globo continuar fornecendo matéria elétrica nova. Isso parecerá claro quando a diferença de agudez nos cantos for feita muito grande. Corte um pedaço de ouro holandês (que é mais adequado para esses experimentos por conta de sua maior durabilidade), na forma da Figura 10. A extremidade superior [em] um ângulo reto, as duas próximas [em] ângulos obtusos, e a inferior [em] um [ângulo] muito agudo; e o traga em sua placa [não eletrizada] debaixo da placa eletrizada, de tal maneira que a parte do ângulo reto possa ser erguida primeiro (o que é feito cobrindo a parte aguda com a concha da sua mão), e você verá essa folha tomar lugar muito mais perto da placa superior que da inferior, porque sem estar mais perto, ela não pode receber tão rápido em sua ponta de ângulo reto como ela pode descarre-

gar em sua [ponta] aguda. Vire essa folha com a parte aguda mais elevada, e então ela toma lugar mais perto da placa não eletrizada, porque, caso contrário, ela recebe mais rápido em sua ponta aguda do que ela descarrega [p. 72] em sua [ponta] de ângulo reto. Assim a diferença da distância é sempre proporcional à diferença de agudez. Tome cuidado ao cortar sua folha, de forma a não deixar pequenas partes irregulares nas bordas, que às vezes formam pontas onde você não as teria. Você pode fazer essa figura tão aguda embaixo, e embotada em cima, de forma a não precisar da placa inferior, com ela descarregando rápido o suficiente no ar. Quando ela é feita mais estreita, como na figura entre as linhas pontilhadas [na Figura 10], nós a chamamos de *Peixe Dourado*, pela sua maneira de agir. Pois, se você a pegar pelo rabo e a segurar a um pé [≈ 30 cm] ou mais de distância horizontal do condutor primário, ela, quando liberada, voará para ele com um movimento alegre, mas oscilante, como o de uma enguia através da água. Ela então tomará lugar embaixo do condutor primário, a talvez um quarto ou meia polegada de distância [≈ 0,6 ou 1,3 cm], e manterá um balanço contínuo em seu rabo como um peixe, de modo que pareça animada. Vire seu rabo em direção ao condutor primário, e então ele voa para o seu dedo, e parece mordiscá-lo. E se você segurar uma placa embaixo dela a seis ou oito polegadas de distância [≈ 15 ou 20 cm], e parar de girar o globo, quando a atmosfera elétrica do condutor diminuir, ela descerá para a placa e nadará de volta novamente várias vezes, com o mesmo movimento de um peixe, ótimo para o entretenimento dos espectadores. Com um pouco de prática em embotar ou afiar as cabeças ou rabos dessas figuras, você pode fazê-los tomar lugar como desejar, mais perto ou mais longe da placa eletrizada.
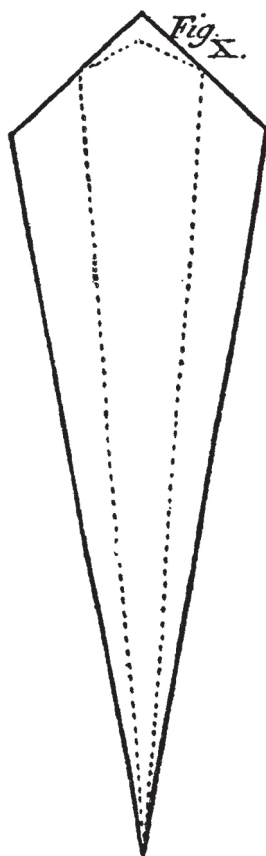
Figura 10 – Forma da folha de ouro holandês que, segundo Franklin, seria mais adequada para realizar o experimento com as duas placas.

Fonte: Franklin (1769, Plate I).

27. É dito no item 8 desta carta que todos os tipos de matéria comum supostamente não atraem o fluido elétrico [p. 73] com igual força; e que aqueles chamados elétricos *per se*, como vidro etc., o atraem e o retêm mais fortemente, e contêm a maior quantidade. Essa última posição pode parecer um paradoxo para alguns, sen-

do contrária à opinião até agora admitida e, portanto, devo agora me esforçar para explicá-la.

28. Para isso, deixe primeiro ser considerado, *que nós não podemos, por nenhuma maneira com que estamos familiarizados até agora, forçar o fluido elétrico através do vidro*. Eu sei que é cogitado comumente que ele penetra facilmente o vidro; e o experimento de uma pena suspensa por um fio, em uma garrafa hermeticamente selada, [sendo] ainda assim movida ao trazer um tubo atritado para perto do lado de fora da garrafa, é suposto que prove isso. Mas, se o fluido elétrico penetra o vidro tão facilmente, como o frasco se torna *carregado* (como nós o denominamos) quando nós o seguramos em nossas mãos? O fogo jogado para dentro pelo fio não passaria através das nossas mãos, e assim escaparia para o chão? A garrafa nesse caso não seria deixada, assim como nós a encontramos, descarregada, então, como sabemos que uma garrafa de metal que tentaram carregar estaria? De fato, se houver a mínima fenda, a mais ínfima separação da continuidade do vidro, embora permaneça assim tão apertada que nada mais que conhecemos passará, ainda assim o fluido elétrico extremamente sutil passará através de tal fenda com a maior liberdade, e sabemos que tal garrafa nunca pode ser carregada. O que faz então a diferença entre tal garrafa e uma que é fundida, senão isso, que o fluido pode passar através de uma, e não através da outra?[*, 194]

[p. 74] 29. É verdade [que] existe um experimento que, à primeira vista, seria adequado para satisfazer um observador negligente; que [mostra que] o fogo lançado

[*] Veja os primeiros dezesseis Itens da carta anterior, chamada *Mais experimentos, etc.*

[194] Franklin refere-se à quarta carta a Collinson, intitulada "*Farther experiments and observations in electricity*" [Mais experimentos e observações em eletricidade], enviada em 1748. Os itens citados podem ser conferidos no original em Franklin (1769, p. 21-26).

na garrafa pelo fio realmente passa através do vidro. Ele é assim: coloque a garrafa em um suporte de vidro, embaixo do condutor primário; suspenda uma bala [de arma de fogo] por uma corrente a partir do condutor primário, até que ela chegue a um quarto de polegada [≈ 0,64 cm] bem acima do fio da garrafa. Coloque seus nós [dos dedos] no suporte de vidro, justamente à mesma distância do revestimento da garrafa quanto a bala está a partir do seu fio. Assim sendo, deixe o globo ser rodado, e você verá uma faísca sair da bala para o fio da garrafa e, no mesmo instante, verá e sentirá uma faísca exatamente igual saindo do revestimento para os seus nós, e assim por diante, de faísca a faísca. Isso parece como se tudo que foi recebido pela garrafa fosse descarregado novamente por ela. E ainda assim a garrafa por meio disso está carregada!* E, portanto, o fogo que assim deixa a garrafa, embora o mesmo em quantidade, não pode ser o mesmo fogo que entrou no fio, pois se fosse, a garrafa permaneceria descarregada.

30. Se o fogo que assim deixa a garrafa não for o mesmo que é lançado através do fio, ele tem que ser o fogo que existia na garrafa (isto é, no vidro de garrafa) antes do início da operação.

31. Se assim for, deve haver uma grande quantidade [de fogo elétrico] no vidro, porque uma grande quantidade é assim descarregada, mesmo de um vidro muito fino.

[p. 75] 32. Que esse fluido elétrico ou fogo é fortemente atraído pelo vidro, nós sabemos pela rapidez e violência com a qual ele é retomado pela parte que tinha sido privada dele, quando existe uma oportunidade. Por isso que não podemos extrair uma quantidade de fogo elétrico de uma massa de vidro, ou eletrizar toda a massa *menos*, como podemos [fazer com] uma

* Veja o item 10 de *Mais experimentos etc.*

massa de metal. Não podemos diminuir ou aumentar sua quantidade total, pois a quantidade que ela tem, ela mantém, e possui o quanto consegue segurar. Seus poros são preenchidos tão cheios quanto a repelência mútua das partículas admite; e o que já está dentro recusa ou repele fortemente qualquer quantidade adicional. Nem temos nenhuma maneira de mover o fluido elétrico no vidro, a não ser uma; que é por cobrir parte das duas superfícies do vidro fino com [materiais] não elétricos, e então, jogando uma quantidade adicional desse fluido [elétrico] em uma superfície, que espalhando-se no não elétrico, e sendo limitado por ele até aquela superfície, age, por sua força repulsiva, nas partículas de fluido elétrico contidas na outra superfície [do vidro], e as leva para fora do vidro para o não elétrico daquele lado, de onde são descarregadas e, [para que] em seguida, aquelas adicionadas no lado carregado possam entrar. Mas, quando isso é feito, não há mais [fluido elétrico] no vidro, nem menos do que antes, somente o tanto que saiu de um lado e foi recebido do outro.

33. Eu sinto uma falta de expressões aqui, e duvido muito que eu seja capaz de fazer essa parte inteligível. Pela palavra *superfície*, nesse caso, não quero dizer meros comprimento e largura, sem espessura. Contudo, quando falo da superfície superior ou inferior de um pedaço de vidro, a superfície externa ou interna [p. 76] do frasco, eu quero dizer comprimento, largura e metade da espessura, e peço o favor de assim ser entendido. Agora, suponho que o vidro, em suas primeiras origens e na fornalha, não possui mais desse fluido elétrico que outra matéria comum; que, quando é fundido, à medida que esfria, e as partículas de fogo comum o deixam, seus poros se tornam um vácuo; que as partes que compõem o vidro são extremamente pequenas e finas, suponho [isso] por ele nunca mostrar um aspecto áspero quando se quebra, mas sempre po-

lido; e, da pequenez de suas partículas, suponho que os poros entre elas devam ser extremamente pequenos, que é a razão pela qual a *aqua-fortis*, nem qualquer outro dissolvente que nós temos, pode entrar para separá-las e dissolver a substância [do vidro], nem é qualquer fluido que conhecemos fino o bastante para entrar [no vidro], exceto o fogo comum e o fluido elétrico. Agora, o fogo que sai deixando um vácuo entre esses poros, como dito anteriormente, que [nem] o ar nem a água são finos o suficiente para entrar e preencher, o fluido elétrico (que está em todo lugar pronto no que chamamos de não elétrico, e nas misturas de não elétricos que estão no ar) é atraído para dentro [do vidro]. Ainda que não se torne afixado à substância do vidro, ainda subsiste lá como a água em uma pedra porosa, retido somente pela atração das partes fixas, e, não obstante em si solto e um fluido. Mas, eu suponho mais, que no resfriamento do vidro, sua textura se torna mais próxima no meio, e forma uma espécie de partição, na qual os poros são tão estreitos, que as partículas do fluido elétrico, que entram em ambas as superfícies ao mesmo tempo, não podem atravessar, ou passar e repassar de uma superfície a [p. 77] outra, e então se misturarem. No entanto, embora as partículas do fluido elétrico, embebidas em cada superfície, não podem elas mesmas passar através daquelas [partículas] da outra [superfície], sua repelência pode, e, por isso, significa que elas agem umas sobre as outras. As partículas do fluido elétrico possuem uma repelência mútua, mas pelo poder de atração do vidro, elas são condensadas ou forçadas para mais perto umas das outras. Quando o vidro tiver recebido, e, por sua atração, forçado a juntar tanto desse fluido elétrico, à medida que o poder de atração e condensação em uma [superfície] é igual ao poder de expansão no outro [fluido elétrico], ela não pode absorver mais, e isso mantém a sua quantidade total constante. Mas, cada

superfície receberia mais [fluido elétrico], se a repelência do que está na superfície oposta não resistisse à sua entrada. Sendo as quantidades desse fluido em cada superfície iguais, suas ações de repelência uma sobre a outra são iguais, e, portanto, aquelas [quantidades] de uma superfície não podem expulsar aquelas da outra. No entanto, se uma quantidade maior que o vidro normalmente contrairia é forçada em uma superfície, isso aumenta o poder de repulsão naquele lado e, conferindo poder à atração na outra [superfície], expulsa parte do fluido que tinha sido absorvido por aquela superfície, se existir algum não elétrico pronto para recebê-lo. Tal situação existe em todos os casos onde o vidro é eletrizado para dar um choque. A superfície que tinha sido assim esvaziada por ter seu fluido elétrico expulso, retoma novamente uma quantidade igual com violência, assim que o vidro tem a oportunidade de descarregar essa quantidade excedente mais do que poderia reter pela atração em sua outra superfície, pela repelência adicional pela qual [p. 78] o vácuo tinha sido ocasionado. Para experiências que favorecem (se não posso dizer, confirmam) essa hipótese, eu devo, a fim de evitar repetição, pedir sua permissão para reportá-lo acerca do que foi dito do frasco elétrico em minhas cartas anteriores.

34[a].[195] Vamos ver agora como isso explicará várias outras situações. O vidro, um corpo extremamente elástico (e talvez a sua elasticidade possa ser devida, em algum grau, à existência de tão grande quantidade deste fluido [elétrico] repulsivo em seus poros) deve, quando friccionado, ter sua superfície friccionada de alguma forma esticada, ou suas partes sólidas um pouco mais separadas, de modo que os buracos nos quais o fluido elétrico reside se tornem mais largos, deixando espa-

[195] No texto original, há dois itens numerados com 34. Por essa razão, incluí as letras [a] e [b], a fim de diferenciá-los.

ço para mais desse fluido, que é imediatamente atraído para ele pela fricção da almofada ou da mão, eles sendo abastecidos a partir da reserva comum.[196] Mas, no instante em que as partes do vidro, tão abertas e preenchidas, tenham passado do atrito, elas voltam a se fechar, e forçam a quantidade adicional para fora da superfície, onde deve repousar até que aquela parte retorne para o estofado de novo, a menos que algum não elétrico (como o condutor primário) primeiro se apresente para recebê-la.* Mas, se o interior do globo for revestido com um não elétrico, a repelência adicional do fluido elétrico, assim coletado [p. 79] pela fricção na parte atritada da superfície externa do globo, impulsiona uma quantidade igual [de fluido elétrico] à da superfície interna para esse forro não elétrico, que o recebendo e o transportando para longe a partir da parte friccionada para a matéria comum, através do eixo do globo, e [da] armação da máquina, o novo fluido elétrico coletado pode entrar e permanecer na superfície externa, e nada disso (ou muito pouco) será recebido pelo condutor primário. Como essa parte carregada do globo retorna para o estofado novamente, a superfície externa entrega seu fogo [elétrico] excedente para o estofado e a superfície interna oposta recebe, ao mesmo tempo, uma quantidade igual pelo chão. Todo eletricista sabe que um globo molhado por dentro concederá pouco ou nenhum fogo [elétrico], mas a razão não tinha sido antes especulada, que eu saiba.

---

[196] Franklin se refere ao solo.

* No escuro, o fluido elétrico pode ser visto na almofada em dois semicírculos ou meia luas, uma na parte dianteira, a outra na parte traseira da almofada, bem onde o globo e a almofada se separam. No crescente dianteiro, o fogo [elétrico] está passando de fora da almofada para o vidro; no outro ele está deixando o vidro, e voltando para a parte de trás da almofada. Quando o condutor primário é aplicado para tirá-lo do vidro, o crescente traseiro desaparece.

34[b]. Então, se um tubo forrado com um* não elétrico for friccionado, pouco ou nenhum fogo é obtido dele. O que é coletado da mão no movimento de fricção para baixo, entra nos poros do vidro e expulsa uma quantidade igual da superfície interna para o forro não elétrico. E a mão, ao passar para cima para fazer um segundo movimento, tira novamente o que tinha sido jogado na superfície externa, e então, a superfície interna recebe de volta o que tinha sido dado ao forro não elétrico. Assim, as partículas de fluido elétrico pertencentes à superfície interna entram e saem de seus poros [a] cada movimento feito no tubo. Coloque um [p. 80] fio dentro do tubo, [com] a extremidade de dentro em contato com o forro não elétrico, assim ele representará a garrafa de *Leiden*. Deixe uma segunda pessoa tocar o fio enquanto você fricciona, e o fogo [elétrico] expulso da superfície interna quando você dá o movimento, passará através dele para dentro da matéria comum, e retornará através dele quando a superfície interna retomar a sua quantidade e, portanto, esse novo tipo de garrafa de *Leiden* não pode ser assim carregado. Mas, assim, ela pode: depois de cada movimento, antes que você passe sua mão para cima para fazer outro, deixe a segunda pessoa colocar seu dedo no fio, receber a faísca, e então retirar seu dedo, e assim sendo até que ela tenha extraído um número de faíscas. Assim, a superfície interna ficará esvaziada e a superfície externa carregada. Então, embrulhe um pedaço de papel dourado em volta da superfície externa, e o agarrando em suas mãos, você pode receber um choque por colocar o dedo da outra mão no fio, pois agora os poros vazios da superfície interna retomam suas quantidades, e os poros sobrecarregados na superfície externa descarregam esse excesso, o equilíbrio sendo restaurado através de seu corpo, o qual

* Papel dourado, com a face dourada próxima ao vidro, funciona bem.

não pode ser restaurado através do vidro.[*] Se o tubo for esvaziado de ar, um forro não elétrico, em contato com o fio, não é necessário. Pois, no vácuo o fogo elétrico voará livremente a partir da superfície interna, sem um condutor não elétrico. Mas, o ar resiste em movimento, pois sendo ele próprio um elétrico *per se* [p. 81], ele não o atrai, já tendo a sua quantidade. Então, o ar nunca extrai uma atmosfera elétrica de nenhum corpo, a não ser em proporção aos não elétricos misturados com ele. Pelo contrário, ele mantém tal atmosfera confinada, que, pela repulsão mútua de suas partículas, tende a se dissipar, e se dissiparia imediatamente *no vácuo*. E, assim, o experimento da pena fechada em um vaso de vidro hermeticamente vedado, mas que se desloca na aproximação de um tubo friccionado é explicado: quando uma quantidade adicional de fluido elétrico é aplicada ao lado do vaso pela atmosfera do tubo, uma quantidade é repelida e expulsa da superfície interna daquele lado para dentro do vaso, e isso afeta a pena, retornando novamente para os seus poros quando o tubo com a sua atmosfera é retirado; não que as partículas daquela atmosfera [do tubo] tenham passado através do vidro para a pena. E toda outra aparição que eu já tenha visto, em que o vidro e a eletricidade são considerados é, penso, explicada com igual facilidade pela mesma hipótese. No entanto, talvez, possa não ser uma [hipótese] verdadeira, e devo ficar agradecido àquele que me oferecer uma melhor.

35. Assim, penso que a diferença entre os não elétricos e o vidro, um elétrico *per se*, consiste nessas duas particularidades. 1ª, que um não elétrico facilmente sofre uma mudança na quantidade de fluido elétrico que ele contém. Você pode diminuir sua quantidade total [de fluido elétrico], por extrair uma parte, a qual todo o corpo retomará novamente, mas do vidro você só

[*] Veja *Mais experimentos*, item 15.

pode diminuir a quantidade contida em uma de suas [p. 82] superfícies, e apenas naquela, ao fornecer uma quantidade igual ao mesmo tempo para a outra superfície, de modo que a totalidade vidro possa ter sempre a mesma quantidade nas duas superfícies, suas duas diferentes quantidades sendo adicionadas juntas. E isso somente pode ser feito no vidro que é fino; além de uma certa espessura, ainda não temos nenhum poder que possa fazer essa mudança. E, 2º, que o fogo elétrico se remove livremente de um lugar para outro, dentro e através da substância de um não elétrico, mas não através da substância do vidro. Se você oferecer uma quantidade [de fluido elétrico] a uma extremidade de uma barra de metal comprida, ela a recebe, e quando entra [a quantidade de fluido elétrico], toda partícula que estava antes na barra empurra um pouco a sua vizinha para a outra extremidade, onde o excesso é descarregado, e isso instantaneamente, onde a barra é parte do circuito no experimento do choque. Mas, [o] vidro, pela pequenez de seus poros, ou forte atração daquilo que contém, se recusa a admitir tão livre movimento. Uma haste de vidro não conduzirá um choque, nem o vidro mais fino terá qualquer partícula entrando em uma das suas superfícies para passar através da outra.

36. Assim, nós vemos a impossibilidade de sucesso nos experimentos propostos, de extrair as virtudes de eflúvio de um não elétrico, como canela por exemplo, e misturá-las com o fluido elétrico, para transmiti-los com aquilo [o fluido elétrico] dentro do corpo, incluindo-o [o não elétrico] no globo, e depois aplicando fricção etc. Pois, embora os eflúvios de canela, e o fluido elétrico devam se misturar dentro do globo, eles nunca sairiam juntos através dos poros do [p. 83] vidro, e assim iriam para o condutor primário. Pois o fluido elétrico em si não pode atravessar e o condutor primário é sempre abastecido pela almofada, e esse pelo piso. E, além dis-

so, quando o globo é preenchido com canela, ou outro não elétrico, nenhum fluido elétrico pode ser obtido a partir de sua superfície externa, pelas razões supracitadas. Eu tentei uma outra maneira, a qual pensei ser mais provável para obter uma mistura do [fluido] elétrico e de outros eflúvios juntos, se tal mistura tivesse sido possível. Coloquei uma lâmina de vidro embaixo da minha almofada para cortar a comunicação entre a almofada e o chão, então, trouxe uma pequena corrente a partir da almofada para dentro de uma vasilha de essência de terebintina e levei outra corrente a partir da essência de terebintina para o chão, tomando cuidado para que a corrente da almofada para a vasilha não tocasse em alguma parte da armação da máquina. Uma outra corrente foi fixada ao condutor primário, e segurada na mão de uma pessoa a ser eletrizada. As extremidades das duas correntes no vidro estavam aproximadamente a uma polegada [≈ 3 cm] distante uma da outra, [com] a essência de terebintina entre [elas]. Nessas circunstâncias, o globo sendo girado não poderia extrair nenhum fogo [elétrico] do chão através da máquina, com a comunicação sendo cortada dessa forma pela placa de vidro espessa debaixo da almofada. Ela deve então extraí-lo através das correntes cujas extremidades foram imersas no óleo de terebintina. E, como o óleo de terebintina, sendo um elétrico *per se*, não conduziria, o que veio do chão seria obrigado a saltar a partir da extremidade de uma corrente para a extremidade da outra, através da substância desse óleo, o que [p. 84] poderíamos ver em grandes faíscas, e assim ele teria tido uma oportunidade favorável de aproveitar algumas das partículas mais finas do óleo em suas passagens, e as levar consigo. Mas, nenhum efeito aconteceu, nem pude perceber a menor diferença no cheiro dos eflúvios elétricos assim coletados, do que ele tinha quando coletado de outra maneira, nem afetou de outra forma o corpo da pessoa eletrizada. Eu

igualmente coloquei em um frasco, ao invés de água, um forte líquido purgante, e então carreguei o frasco, e tomei choques dele. Nesse caso, toda partícula do fluido elétrico deve, antes de passar pelo meu corpo, ter primeiro atravessado o líquido quando o frasco estava carregando e retornado através dele ao descarregar, porém nenhum outro efeito aconteceu do que se tivesse sido carregado com água. Eu também cheirei o fogo elétrico quando extraído através [de] ouro, prata, cobre, chumbo, ferro, madeira e corpo humano, e não pude perceber nenhuma diferença. O odor é sempre o mesmo onde a faísca não queima o que golpeia e, portanto, imagino que ela não pegue aquele cheiro de qualquer qualidade dos corpos pelos quais passa. E, realmente, visto que aquele cheiro tão prontamente deixa a matéria elétrica e adere à junta [das mãos] recebendo as faíscas e às outras coisas, eu suspeito que ele nunca foi ligado a ela [a matéria elétrica], mas surge instantaneamente a partir de algo no ar influenciado por ela. Pois, se era fino o suficiente para vir com o fluido elétrico através do corpo de uma pessoa, por que deveria parar na pele de uma outra?

[p. 85] Mas, eu nunca terminarei se lhe contar todas as minhas conjecturas, pensamentos e imaginações sobre a natureza e as operações desse fluido elétrico, e relatar a variedade de pequenas experiências que nós tentamos. Eu já tornei essa carta muito longa e por isso devo pedir perdão, não tendo tempo agora de torná-la mais curta. Eu devo somente acrescentar que, como tem sido observado aqui que espíritos dispararão pela faísca elétrica durante o verão, sem aquecê-los, quando o termômetro de *Fahrenheit* está superior a 70, então, quando mais frio, se o operador colocar uma pequena garrafa plana de espíritos no seu seio, ou um bolso fechado, com a colher, pouco tempo depois dele os usarem, o calor de seu corpo vai comunicar quentura mais que suficiente para esse propósito.

[p. 86] EXPERIMENTO ADICIONAL:

Provando que a Garrafa de Leiden *não possui mais fogo elétrico dentro dela quando carregada que antes, nem menos quando descarregada. Que, ao descarregar, o fogo não emite pelo fio e pelo revestimento ao mesmo tempo, como alguns têm pensado, mas que o revestimento sempre recebe o que é descarregado pelo fio, ou uma quantidade igual. A superfície externa estando sempre em um estado negativo de eletricidade, quando a superfície interna está em um estado positivo.*

Coloque uma lâmina espessa de vidro embaixo da almofada de fricção, para cortar a comunicação do fogo elétrico do chão à almofada. Em seguida, se não houver nenhuma ponta fina ou fios peludos saindo da almofada, ou das partes da máquina opostas ao estofado (com os quais você deve ter cuidado), você pode obter nada mais que algumas poucas faíscas do condutor primário, o que é tudo que a almofada compartilhará.

Então, pendure um frasco no condutor primário, e ele não carregará apesar de você segurá-lo pelo revestimento. Mas, forme uma comunicação por uma corrente a partir do revestimento para a almofada, e o frasco carregará.

Pois o globo então extrai o fogo elétrico da superfície externa do frasco, e o força através do condutor primário e fio do frasco, em direção à superfície interna.

[p. 87] Assim, a garrafa é carregada com seu próprio fogo, nenhum outro sendo assim tido enquanto a lâmina de vidro está embaixo do estofado.

Pendure duas bolas de cortiça por fios de linho ao condutor primário, em seguida, toque o revestimento da garrafa, e elas vão ser eletrizadas e recuar uma da outra. Pois o tanto de fogo que você dá ao revestimento, tanto é descarregado através do fio sobre o condutor primário, de onde as bolas de cortiça recebem uma atmosfera elétrica. Mas, pegue um arame dobrado em forma de um C, com um pedaço de cera fixado no exterior da curva, para segurar ele [o arame] por

[o pedaço de cera], e aplique uma extremidade desse fio ao revestimento, e a outra, ao mesmo tempo, ao condutor primário, o frasco vai ser descarregado, e se as bolas não estão eletrizadas antes da descarga, nem assim elas parecerão estar [eletrizadas] depois da descarga, porque não repelirão umas às outras.

Agora, se o fogo descarregado pela superfície interna da garrafa através do seu fio manteve-se no condutor primário, as bolas seriam eletrizadas e recuariam umas das outras.

Se o frasco realmente detonou em ambas as extremidades, e descarregou o fogo de ambos, revestimento e fio, as bolas seriam *mais* eletrizadas, e recuariam *ainda mais*, pois nenhum fogo pode escapar, com o cabo de cera prevenindo [que isso aconteça].

Mas se o fogo, com o qual a superfície interna está sobrecarregada, for precisamente o quanto é desejado pela superfície externa, ele passará em volta através do fio fixo ao cabo de cera [p. 88], restaurando o equilíbrio no vidro, e não fará nenhuma alteração no estado do condutor primário.

Assim, nós constatamos que, se o condutor primário for eletrizado, e as bolas de cortiça [estiverem] em um estado de repelência antes da garrafa ser descarregada, elas continuam assim depois. Se não, elas não são eletrizadas por essa descarga.

3.5. Carta de Benjamin Franklin a Cadwallader Colden, de 23 de abril de 1752, contendo algumas ideias sobre a natureza da luz[197]

As primeiras menções de Franklin a respeito da natureza da luz foram descritas em uma de suas cartas a Cadwallader Colden (1688-1776), redigida em 1752 e lida na *Royal Society* em 1756. A carta, traduzida a seguir, foi uma resposta a uma correspondência anterior de Colden, em que este mencionou, dentre outros pontos, a inclusão de novas proposições a respeito do fogo elétrico em seu livro, *Principles of Action in Matter* (Princípios da ação na matéria), então recém-publicado. No livro, Colden buscou expandir alguns conceitos newtonianos, especialmente, o da gravitação, incluindo discussões sobre outros temas que, segundo ele, estariam relacionados, como a luz.[198]

Após esclarecer alguns pontos acerca dos corpos elétricos e não elétricos, Franklin afirmou que, sobre os comentários de Colden sobre a luz, ainda estava na escuridão. Ele se mostrou incerto a respeito da concepção corpuscular para a luz, amplamente aceita no período. Para ele, se a ideia de uma partícula sonora seria absurda, por que se admitia a ideia de uma partícula luminosa? Sua principal crítica à concepção corpuscular envolvia a suposta perda de matéria pelo sol, o que inevitavelmente o levaria à extinção. Franklin não estava sozinho nesse julgamento, sendo esse um de vários problemas enfrentados pelos defensores da concepção corpuscular em meados do século XVIII.[199]

---

[197] Parte das discussões apresentadas nesta parte estão incluídas no artigo "Teorias vibracionais da luz na Grã-Bretanha do século XVIII", publicado na revista *Scientiæ Studia*, v. 14, n. 2, p. 333-356, 2016.

[198] Colden mencionou Newton e o *Óptica* em várias partes do seu livro. Em especial, conferir os trechos em que ele abordou a relação entre corpos elétricos e não elétricos e a emissão de luz (COLDEN, 1751, p. 151). Para outros detalhes sobre o trabalho de Colden, consultar Stephens (1887, p. 260-261) e Hindle (1956).

[199] Cantor, 1983, p. 52-59.

A crítica de Franklin foi respondida, não oficialmente, por Samuel Horsley (1733-1806), adepto da concepção corpuscular e defensor de Newton. Em dois artigos publicados nas *Philosophical Transactions*, Horsley descreveu vários cálculos para demonstrar a pequenez da luz e sua pouca influência mecânica sobre outros corpos. Os cálculos, bastante imprecisos, levaram Horsley a concluir que a perda de matéria do sol seria irrelevante.[200] Argumentos semelhantes foram utilizados antes e depois por outros defensores da concepção corpuscular. Franklin não respondeu às objeções de Horsley.

Franklin pensou ser mais plausível supor que a luz fosse uma vibração em um fluido elástico e sutil. Ele sabia, no entanto, que estava advogando contra uma corrente bem estabelecida no século XVIII. Influenciada principalmente pelos escritos de Newton no *Óptica*, a concepção corpuscular dominava os círculos da filosofia natural na Grã-Bretanha, gradualmente se espalhando pelo continente europeu. Os breves comentários sobre a luz refletem que Franklin não chegou a elaborar um pensamento final acerca do assunto, algo que tentou alcançar em uma comunicação posterior, próximo ao final da vida.[201]

---

[200] Moura, 2016.

[201] Ver o Capítulo 3, seção 3.7.

Tradução[202]

[p. 262] CARTA XXIII[203]

DE

BENJ. FRANKLIN, *Esq*; da *Filadélfia.*

PARA C.C. *Esq*; em *Nova York.*

Filadélfia, 23 de *abril*, 1752

Lida na *Royal Society* em 11 de novembro de 1756

SENHOR,

Considerando sua carta do último dia 16 [de março],[204] eu lembrei de ter escrito a você respostas a algumas perguntas a respeito da diferença entre elétricos *per se* e não elétricos, e os efeitos do ar em experimentos elétricos, os quais, creio, você pode não ter recebido. A data [em que eu escrevi] eu esqueci.

Nós temos chamado geralmente aqueles corpos [de] elétricos *per se*, os quais não conduzem o fluido elétrico. Uma vez imaginamos que apenas esses corpos continham aquele fluido [elétrico], depois [afirmamos] que não tinham nada dele, e somente o extraíam de outros corpos. Mas, experimentos posteriores mostraram nossos erros. Ele [o fluido elétrico] pode ser encontrado em toda matéria que conhecemos; e a distinção entre elétricos *per se* e não elétricos deveria agora ser considerada inapropriada, e aquela [denominação] de condutores e não condutores [deveria ser] assumida em seu lugar, como mencionado naquelas respostas.

[p. 263] Eu não lembro de qualquer experimento no qual aparentemente [um] espírito altamente refinado não conduzirá [fluido elétrico]; talvez você tenha feito algum. Isso eu sei, que a cera, resina, enxofre e mesmo o vidro, comumente considerados elétricos *per se*, conduzirão muito bem quando estiverem em um estado fluido. O vidro não o fará somente

[202] O texto original pode ser consultado em Franklin (1769, p. 262-267)

[203] Na edição de Cohen para o *Experiments and observations*, essa carta é a de número XVI (COHEN, 1941, p. 323).

[204] Esta carta pode ser conferida no site *The Franklin Papers*, disponível em: <http://www. franklinpapers.org>. Acesso em: jan. 2018.

quando estiver avermelhado de quente. Tal que minha posição inicial de que apenas metais e água eram condutores, e outros corpos mais ou menos, na medida em que eles continham metal ou umidade, era muito geral.

Sua concepção de fluido elétrico, de que ele é incomparavelmente mais sutil que o ar, é indubitavelmente precisa. Ele penetra a matéria densa com a maior facilidade, mas não parece se misturar ou incorporar voluntariamente com simples ar, assim como faz com outras matérias. Ele não deixa a matéria comum para se juntar ao ar. Em algum grau, o ar impede seu movimento. Uma atmosfera elétrica não pode ser comunicada a uma grande distância através de um ar interveniente, seguramente, como através do vácuo. Quem sabe então possa haver, como os antigos pensaram, uma região desse fogo [elétrico] acima de nossa atmosfera, impedida pelo ar e por sua própria grande distância para atração de se juntar à terra? Talvez, onde a atmosfera é mais rarefeita, esse fluido possa ser mais denso, e mais próximo da Terra, e onde a atmosfera fica mais densa, esse fluido possa ser mais rarefeito. Mesmo assim, alguma parte dele [pode] estar baixa o suficiente para se agregar às nossas nuvens mais altas, de onde se tornam eletrizadas, podendo ser atraídas e descer em direção à terra, descarregando seus conteúdos aquosos, junto com aquele fogo etéreo. Talvez as Auroras Boreais [p. 264] sejam correntes deste fluido em sua própria região, acima de nossa atmosfera, se tornando visíveis a partir de seus movimentos. Não há fim para as especulações, uma vez que ainda somos iniciantes neste ramo do conhecimento natural.

Você menciona várias diferenças de sais em experimentos elétricos? Todos eles ficaram igualmente secos? O sal é capaz de adquirir umidade de um ar úmido, alguns tipos mais que outros. Quando perfeitamente secos por ficarem diante do fogo ou sobre um fogão, nenhum que eu experimentei conduziu melhor que vidro.

Uma flanela nova, quando seca e aquecida, extrairá fluido elétrico de [corpos] não elétricos, assim como aquelas [flanelas] que foram usadas.

Eu desejaria que você tivesse a oportunidade de tentar os experimentos sobre os quais você parece ter tantas expectativas, acerca dos vários tipos de espíritos, sais, terra etc. Frequentemente, em uma variedade de experimentos, embora percamos aquilo que esperamos encontrar, mesmo assim algo de valor pode aparecer, algo surpreendente e instrutivo, ainda que não imaginado.

Eu lhe agradeço por me comunicar aspectos do teorema sobre a luz. É muito curioso. Mas devo reconhecer que estou na *escuridão* sobre a *luz*. Eu não estou satisfeito com a doutrina que supõe a luz como partículas da matéria, continuamente atiradas da superfície do sol com uma rapidez tão prodigiosa! Não deveria a menor partícula concebível ter com tal movimento uma força que excede aquela de um peso de vinte e quatro quilos, descarregado de um canhão? Não deveria o sol diminuir excessivamente [p. 265] pela perda de matéria; e os planetas, ao invés de se aproximarem dele, como alguns têm temido, recuarem a grandes distâncias pela atração reduzida? Ainda, essas partículas, com este incrível movimento, não movimentarão ou removerão [os] menores e mais leves pós que encontram? E o sol, pelo que sabemos, continua com suas dimensões antigas e seus subordinados [os planetas] movem-se em suas antigas órbitas.

Não podem todos os fenômenos da luz ser esclarecidos de forma mais conveniente por supor um espaço universal preenchido com um fluido elástico sutil, o qual, quando em repouso, não é visível, mas cujas vibrações afetam o fino sentido no olho, assim como [as vibrações] do ar fazem [nos] órgãos mais grossos do ouvido? No caso do som, nós não imaginamos que quaisquer partículas sonoras são atiradas de um sino, por exemplo, e voam em linhas retas até o ouvido; por que devemos acreditar que partículas luminosas deixam o sol e vão em direção ao olho? Alguns diamantes, quando atritados, brilham no escuro, sem perder qualquer parte de suas matérias. Eu posso fazer uma faísca elétrica tão grande quanto a chama de uma vela, muito mais brilhante e, assim, visível mais longe, todavia sem combustível; e, estou conven-

cido, que nenhuma parte do fluido elétrico neste caso voa para locais distantes, mas todo [o fluido] segue diretamente e é para ser encontrado no lugar que eu destinei. Não poderiam os diferentes graus de vibração do meio universal acima mencionado ocasionarem as aparições das diferentes cores? Eu penso que o fluido elétrico é sempre o mesmo; entretanto, vejo que as faíscas mais fracas e mais fortes diferem [p. 266] em cores aparentes, algumas brancas, azuis, roxas, vermelhas; as mais fortes, brancas; as mais fracas, vermelhas. Assim, diferentes graus de vibração dados ao ar produzem sete sons diferentes, de forma análoga às sete cores, mesmo que o meio, o ar, seja o mesmo.

Se o sol não é consumido pela perda de luz, posso conceber facilmente que ele deve, do contrário, sempre reter a mesma quantidade de matéria; embora deveríamos supô-lo como feito de enxofre queimando constantemente. A ação do fogo apenas separa as partículas de matéria, não as aniquila. A água, pelo calor levada ao vapor, retorna à terra em chuva; e se pudéssemos coletar todas as partículas de matéria em chamas que sobem em fumaça, talvez elas pudessem, com suas cinzas, pesar tanto quanto o corpo [pesava] antes de ser inflamada. E se pudéssemos colocá-las na mesma posição em relação umas às outras, a massa seria a mesma de antes e poderia ser queimada novamente. Os químicos têm analisado o enxofre e o encontraram composto, em certas proporções, de óleo, sal e terra; e tendo, pela análise, descoberto essas proporções, eles podem fazer enxofre [a partir] daqueles ingredientes. Sendo assim, nós temos apenas que supor que as partes do enxofre do sol, separadas pelo fogo, sobem até sua atmosfera e lá sendo libertadas da ação imediata do fogo, são reunidas em massas nebulosas, e crescendo, em graus, tão pesadamente de forma a não serem mais suportadas, descem ao sol e são queimadas novamente. Por isso, as manchas que aparecem em sua superfície, que são vistas [p. 267] diminuindo diariamente de tamanho, tem suas bordas com um brilho particular.

É muito bom que não estejamos, como estava o pobre *Galileo*, sujeitos à Inquisição por heresia filosófica. Minhas

confidências contra a doutrina ortodoxa, em cartas privadas, seriam perigosas; mas suas escritas e publicações seriam altamente criminosas. Como está, você deve esperar alguma censura, mas um herético certamente perdoará um outro.

Eu estou agradecido de coração por ouvir mais coisas sobre o sucesso do Caruru-de-Cacho[205] na cura daquele terrível mal para o corpo humano, o Câncer. Você merece muito da humanidade pela informação. Porém, vi [que] em Boston eles não sabem [qual é] a planta correta, alguns afirmando que é o que eles chamam de *Mechoachan*, outros [chamam de] outras coisas. Em um de seus últimos trabalhos, é publicamente pedido que uma perfeita descrição da planta possa ser dada, seus lugares de crescimento etc. Eu perdi o trabalho, ou mandaria para você. Achei que você a tinha descrito [a planta] de modo completo.

Eu sou, Senhor, &c.

B.F.

[205] O termo original foi *pokeweed*. Franklin provavelmente se referiu à *american pokeweed*, em português, caruru-de-cacho. Trata-se de uma planta de cujos frutos são extraídos corantes para vinhos, doces e tecidos. Suas raízes são utilizadas, em algumas ocasiões, para tratamentos medicinais alternativos (SOUSA et al., 1998, p. 212).

3.6. Carta de Benjamin Franklin a Peter Collinson, de 19 de outubro de 1752, contendo sua descrição do experimento da pipa

O famoso experimento da pipa supostamente realizado por Franklin ocupa um lugar proeminente na lista de curiosidades da história da ciência. Ao lado da maçã de Newton ou do grito de "Eureka!" de Arquimedes, a imagem de Franklin empinando uma pipa em meio a uma tempestade e provando que os raios são de natureza elétrica contribui para mitificar a ciência e seus supostos gênios inalcançáveis. Silva e Pimentel nos mostram como essa história persiste nos livros didáticos brasileiros, mesmo sem qualquer fundamento historiográfico.[206]

Na historiografia moderna da ciência, o experimento de Franklin com uma pipa é menos fantasioso, mas não menos interessante e significativo. As várias interpretações sobre a realização ou não do experimento se entremeiam na história da recepção das ideias de Franklin e da reprodução bem-sucedida do experimento da guarita pelos franceses. Conhecer esse episódio a fundo oferece uma boa oportunidade para entender um pouco mais sobre como o conhecimento científico se relaciona com diversos fatores que não exatamente ligados à ciência.

A comunicação original de Franklin sobre o experimento da pipa foi enviada a Collinson em 1752 e publicada nas *Philosophical Transactions* no mesmo ano. Em seguida, o texto também foi publicado, com algumas modificações, no *Experiments and observations*, na *Gentleman's Magazine*, na *London Magazine* [Revista de Londres] e em outras publicações.[207] A tradução apresentada logo a seguir foi baseada na versão publicada na edição de 1769 do *Experiments and observations*.

---

[206] Silva; Pimentel, 2008. Da mesma forma, as anedotas sobre Newton e Arquimedes, do modo como são popularmente conhecidas, não possuem respaldo na historiografia moderna da ciência. Veja Martins (2006) e Martins (2000).

[207] Cohen, 1990, p. 68.

Na carta, Franklin relatou a Collinson a construção de uma pipa com uma folha de seda e um fio metálico anexado à tira vertical. Franklin orientou amarrar um laço de seda ao barbante e, nessa ligação, prender uma chave metálica. Ao erguer essa pipa em meio a um temporal e com alguns cuidados tomados, seria possível observar pequenas faíscas elétricas ao aproximar os nós do dedo à chave. Trata-se, assim, de uma variação do experimento da guarita, também buscando constatar a igualdade entre a eletricidade das nuvens e as faíscas elétricas produzidas em garrafas de Leiden. Não há outras orientações na sucinta carta de Franklin.

Uma versão carregada de detalhes sobre o experimento da pipa foi dada por Priestley, em seu *The History and Present State of Discoveries in Electricity*. Traduzo abaixo seu relato:

> Como cada circunstância relacionada a uma descoberta assim tão capital como essa (a maior, talvez, que foi feita em toda a abrangência da filosofia desde o tempo de Sir Isaac Newton) não possa senão dar prazer a todos os meus leitores, devo tentar satisfazê-los com a comunicação de algumas particularidades as quais obtive da melhor autoridade.
>
> O Doutor [Franklin], depois de ter publicado seu método de verificar sua hipótese acerca da igualdade da eletricidade com a substância do raio, estava esperando para a instalação de um pináculo na Filadélfia para colocar suas ideias em prática, não imaginando que uma haste pontuda, de tamanho médio, poderia responder a esse propósito, quando isso ocorreu a ele, que, por meio de uma pipa comum, ele poderia ter um acesso mais rápido e melhor às regiões de trovão que por qualquer pináculo que fosse. Preparando, portanto, um lenço de seda largo e duas varetas cruzadas de comprimento apropriado, sobre as quais ele se estende, ele aproveitou a oportunidade da primeira aproximação de uma tem-

> pestade com trovoada para caminhar por um campo, no qual havia um abrigo adequado para seu propósito. Mas, temendo o ridículo o qual tentativas malsucedidas na ciência muito comumente encontram, ele informou seu experimento pretendido a ninguém exceto seu filho, que o ajudou a erguer a pipa.
>
> A pipa sendo erguida, um tempo considerável passou antes que houvesse qualquer sinal dela sendo eletrizada. Uma nuvem muito promissora tinha passado sobre ela sem qualquer efeito. Quando, demoradamente, ele quase estava começando a perder a esperança em seu esquema, observou algumas linhas soltas do barbante de cânhamo[208] ficando eretas e evitando umas às outras, como se tivessem sido suspensas em um condutor comum. Surpreso com essa aparição promissora, ele imediatamente apresentou seu nó [dos dedos] à chave, e (deixe o leitor julgar o extraordinário prazer que deve ter sentido naquele momento) a descoberta estava completa. Ele percebeu uma faísca elétrica muito evidente. Outras [faíscas] sucederam, mesmo antes do barbante estar molhado, tal a colocar o assunto fora de toda disputa, e quando a chuva tinha molhado o barbante, ele coletou fogo elétrico muito copiosamente. Isso aconteceu em junho de 1752, um mês depois que os eletricistas na França tinham verificado a mesma teoria, mas antes de ele ter ouvido qualquer coisa que tivessem feito.[209]

Como podemos observar, Priestley afirmou que Franklin empinou a pipa antes de ouvir os relatos da reprodução exitosa do experimento da guarita pelos franceses. Uma vez que Franklin participou da concepção do livro de

[208] Planta cujas fibras são frequentemente utilizadas para fazer cordas.
[209] Priestley, 1767, p. 180-181.

Priestley, ele supostamente concordou com o que foi escrito.[210] Cohen defende a versão de Franklin e Priestley, sustentando que o experimento foi executado em junho de 1752, conforme seus relatos.[211] O autor, não obstante, expõe alguns argumentos contrários a essa posição, especialmente, os de Alexander McAdie, cujo trabalho publicado em 1925 buscou desconstruir a ideia de que Franklin teria realizado o experimento. Para McAdie, alguns aspectos das descrições de Franklin e Priestley iam de encontro ao que costumava ser dito sobre esse evento. Por exemplo, seria inimaginável que Franklin colocaria em risco seu próprio filho, conforme a descrição de Priestley. Além disso, se o experimento era tão importante, Franklin o teria comunicado imediatamente a Collinson, esperando rápida leitura e publicação pela *Royal Society*, ou mesmo por outros meios. O autor ainda questiona a linguagem adotada por Franklin na carta, com os tempos verbais no presente, e não no passado, o que sugere que ele meramente orientou Collinson e não lhe relatou sobre algo já feito.[212]

Cohen respondeu a algumas dessas conclusões. Em primeiro lugar, acerca da exposição do próprio filho ao perigo do experimento, parecia claro a Franklin que esses experimentos em meio a temporais não trariam risco algum de morte. A carta de Franklin sobre a formação dos temporais[213] e o ensaio "Opiniões e conjecturas"[214], ambos escritos antes dessa carta, mostram que ele estava certo de que os efeitos ocasionados pelas nuvens eletrizadas seriam seguros.[215] Se o experimento foi realizado depois de ele ter conhecido os relatos franceses, isso seria ainda mais corroborado, uma vez que ninguém se feriu na guarita.[216]

---

[210] Schofield, 1997, p. 142; Cohen, 1990, p. 68.

[211] Cohen, 1990, p. 69.

[212] McAdie, 1925, p. 193, 194, 200.

[213] Capítulo 3, seção 3.3.

[214] Capítulo 3, Fonte 3.4.

[215] Cohen, 1990, p. 94.

[216] Nessa época, a trágica reprodução de Richmann ainda não tinha sido realizada.

A respeito do atraso de Franklin em comunicar o experimento a Collinson, Cohen afirma que isso era típico do estadunidense. Basta verificar, por exemplo, suas quatro primeiras comunicações, feitas em um intervalo de 3 anos (1747-1750). Cohen ainda sugere que Franklin pode ter esperado para realizar novamente o experimento depois de junho, antes de comunicá-lo a Collinson. Outra razão, seria o receio em ser ridicularizado, como afirmou ter sido ao enviar a carta sobre a formação dos temporais com raios e trovões.[217] A descrição de Priestley confirma essa hipótese. Por fim, sobre a forma como Franklin descreveu o experimento, não dando a entender que já o havia feito, Cohen ressalta que esse era um estilo de escrita comum aos textos do estadunidense.[218]

Portanto, parece bem claro a Cohen que Franklin efetivamente empinou uma pipa de seda em meio a um temporal, antes de ouvir sobre os franceses e o experimento da guarita. Sentindo-se seguro sobre sua proposição de que a eletricidade das nuvens seria da mesma natureza da eletricidade comum e de que isso era demonstrado por esses experimentos, Franklin enviou a carta a Collinson com orientações sobre como construir a pipa e extrair fogo elétrico de nuvens eletrizadas a partir dela.[219]

A solução para a questão do período em que o experimento foi realizado é importante para definir a prioridade de sua concepção. Em julho de 1752, o francês Romas relatou à *Académie de Bordeaux* a intenção de executar um experimento supostamente semelhante, mas só o fez no ano seguinte.[220] Ao saber do relato de Franklin, já em 1753, Romas pleiteou sua invenção, embora, segundo Cohen, ele não tenha apresentado provas consistentes de que verdadeiramente o fez antes do

---

[217] Cohen, 1990, p. 96-97. Veja também o Capítulo 3, seção 3.3.

[218] Cohen, p. 238-239, n. 98.

[219] Cohen, p. 98.

[220] A palavra "supostamente" foi empregada porque o termo utilizado por Romas em sua comunicação foi "*un Jeu d'enfant*" (brincadeira de criança), ou seja, ele não utilizou explicitamente a palavra *cerf-volant* (pipa). Ver Cohen (1990, p. 102).

estadunidense.[221] Tal qual com Nollet, Franklin preferiu não entrar em uma contenda, mencionando a iniciativa de Romas apenas em trabalhos posteriores.[222]

De qualquer forma, não parece que o experimento da pipa tenha desempenhado um papel tão importante quanto os relatos populares costumam sugerir. Essa perspectiva é a mesma de Cohen, que enfatiza a relevância do experimento da guarita na proposição de que raios em temporais e faíscas produzidas por garrafas de Leiden poderiam ser da mesma natureza.[223] Além de proporcionar melhores condições para testar a eletricidade obtida por ele, o experimento da guarita era, sem dúvida, mais seguro. Ademais, cabe ressaltar que o experimento da pipa também não previa a incidência de raios sobre ela. O propósito era verificar se a aparente eletricidade de nuvens em temporais era a mesma da eletricidade produzida e estudada em laboratório. O estabelecimento da natureza elétrica dos raios seria uma consequência da confirmação dessa relação.

Os relatos posteriores de Franklin deram pouca ou nenhuma ênfase ao experimento da pipa, reforçando que o autor o considerava um caso semelhante ao da guarita.[224] De seu círculo de colaboradores, apenas Kinnersley teria se dedicado mais algum tempo a ele.[225] Embora o experimento da pipa seja mais um produto da fértil imaginação de Franklin, as explicações e os fundamentos teóricos dos fenômenos elétricos representaram mais fortemente seu legado para a eletricidade do século XVIII.

---

[221] Cohen, 1990, p. 102-103.

[222] Cohen, p. 106.

[223] Cohen, p. 100.

[224] Por exemplo, em sua autobiografia, Franklin considerou o experimento da guarita como "capital", dando grande ênfase ao seu sucesso e à sua aplicabilidade. O experimento da pipa foi mencionado apenas uma vez, como um caso "similar" ao da guarita (FRANKLIN, 1996, p. 121).

[225] Cohen, 1990, p. 100.

Tradução[226]

[p. 111] CARTA XI[227]

DE

SR. BENJ. FRANKLIN, *Esq;* na *Filadélfia*.

19 de *outubro* de 1752

B. FRANKLIN

Como frequente menção é feita em artigos públicos da Europa sobre o sucesso do experimento [da] Filadélfia[228] para extrair o fogo elétrico de nuvens por meio de hastes de ferro pontudas erguidas em prédios altos etc., pode ser propício aos curiosos serem informados que o mesmo experimento foi exitoso na Filadélfia, embora feito de maneira diferente e mais fácil, conforme segue explicado.

Faça uma pequena cruz de duas tiras leves de cedro, os braços tão longos de forma a alcançar os quatro cantos de um largo lenço fino de seda quando estendido. Amarre os cantos do lenço às extremidades da cruz, de modo que tenha o corpo de uma pipa, a qual sendo suprida com uma cauda, laço e barbante,[229] subirá no ar, como aquelas feitas de papel. Porém, essa sendo feita de seda, é mais apropriada para enfrentar a umidade e vento de uma tempestade com raios e trovões sem rasgar. No topo da tira vertical da cruz deve ser afixado um fio pontudo muito afiado, erguendo-se um pé [≈ 30 cm] ou

---

[226] O texto original pode ser consultado em Franklin (1769, p. 111-112).

[227] Conforme dito anteriormente, esse texto foi publicado nas *Philosophical Transactions* da *Royal Society* (v. 47, p. 565-567, 1751-1752), com algumas diferenças. Nas *Philosophical Transactions*, a carta tem a data de 1 de outubro de 1752 – lida em 21 de dezembro do mesmo ano –, enquanto no livro a data indicada foi 19 de outubro de 1752. Provavelmente, esse é mais um caso de cartas duplicadas, enviadas em datas diferentes (ver nota 141). Na versão das *Philosophical Transactions* há alguns trechos a mais, traduzidos nas notas 230 e 231 a seguir.

[228] Trata-se do experimento da guarita. Ver Capítulo 3, seção 3.4.

[229] Franklin utilizou dois termos diferentes para barbante: *string* e *twine*. Não foi feita diferenciação entre os dois na tradução.

mais [p. 112] acima da madeira. Ao final do barbante, próximo à mão, deve ser amarrado um laço de seda, e onde a seda e o barbante se unem uma chave deve ser amarrada.

A pipa é para ser elevada quando um temporal com raios e trovões parece estar vindo,[230] e a pessoa que segura o barbante deve ficar dentro de uma porta ou janela, ou sob alguma cobertura, tal que a fita de seda não possa ser molhada, e cuidado deve ser tomado para que o barbante não toque a moldura da porta ou janela. Assim que qualquer das nuvens carregadas passar por cima da pipa, o fio pontudo extrairá o fogo elétrico delas, e a pipa, junto com todo o barbante, será eletrizada, e os filamentos soltos do barbante se sobressairão por toda a extensão e serão atraídos por um dedo que se aproxima. E quando a chuva tiver molhado a pipa e o barbante, tal que ele possa conduzir livremente o fogo elétrico, você perceberá ele fluindo para fora [o fogo elétrico] abundantemente a partir da chave na aproximação de seu nó dos dedos. Por essa chave, a garrafa [de Leiden] pode ser carregada e pelo fogo elétrico assim obtido, espíritos podem ser excitados, e todos os outros experimentos elétricos ser realizados, os quais são usualmente feitos pelo auxílio de um globo de vidro ou tubo friccionado e, por meio disso, a uniformidade da matéria elétrica com aquela dos raios [é] completamente demonstrada.[231]

B.F.

[230] Na versão publicada nas *Philosophical Transactions*, há o seguinte trecho adicional, colocado entre parênteses: "(o que é muito comum nesse país)" (FRANKLIN, 1751-1752, p. 566).

[231] Na versão publicada nas *Philosophical Transactions*, há o seguinte trecho adicional: "Eu fiquei feliz em ouvir sobre o sucesso de meus experimentos na França, e que lá eles começaram a erguer pontas sobre seus prédios. Nós as tínhamos antes colocado sobre os pináculos de nossa academia e edifícios governamentais" (FRANKLIN, 1751-1752, p. 567).

3.7. A nova e curiosa teoria de luz e calor de Franklin, publicada postumamente em 1793 nas *Transactions of the American Philosophical Society*

Próximo ao final de sua vida, Franklin apresentou à *American Philosophical Society* um pequeno ensaio, contendo algumas ideias sobre a luz e o calor. No texto, Franklin retomou alguns pontos sobre a luz colocados em uma carta anterior a Cadwallader Colden.[232] Porém, mesmo que Franklin tenha intitulado o texto como uma "nova e curiosa teoria de luz e calor", ele abordou mais profundamente a natureza de uma matéria sutil que preencheria todo o universo, ocasionando efeitos luminosos e do calor, dentre outros. Assim como Newton nas "Questões" do *Óptica*, Franklin adotou um estilo especulativo, lançando perguntas a respeito do comportamento e estrutura desse fluido.

Para Franklin, o fluido poderia explicar um grande número de fenômenos relacionados à luz e ao calor. Vibrações nele, por exemplo, dariam a sensação de luz. Sua maior ou menor presença nos corpos influenciaria suas estruturas, podendo ser congelados, quando o fluido estivesse ausente, ou queimados, quando o fluido estivesse em excesso. Por ser muito sutil e rarefeito, parte desse fluido ocuparia as mais altas regiões do globo, incendiando pequenos corpos celestes que entravam na atmosfera terrestre.

O ensaio de Franklin é uma fonte significativa de seu pensamento sobre a estrutura da matéria, especialmente de uma suposta matéria etérea. Segundo Cohen, essas explicações não são importantes para compreendermos outros detalhes dos fenômenos discutidos por Franklin, mas mostram que ele pretendeu, ao final da vida, conceber um único sistema de causas e princípios da conservação.[233] Dessa maneira, temos uma tentativa de pensar além dos fenômenos, de entender as causas primeiras, mesmo que o aprofundamento dessa argumentação não tenha sido o objetivo principal de Franklin ao longo de sua incursão na filosofia natural.

---

[232] Ver Capítulo 3, seção 3.5.

[233] Cohen, 1956, p. 342.

Tradução[234]

[p. 5] Nº. II.

Uma nova e curiosa teoria de luz e calor; em uma carta do Dr. B. Franklin a David Rittenhouse, Esq.

Lida em 20 de junho de 1788[235]

O espaço universal, até onde o conhecemos, parece ser preenchido por um fluido sutil, cujo movimento, ou vibração, é chamado de luz.

[p. 6] Este fluido é provavelmente o mesmo que aquele que, sendo atraído por e entrando em outra matéria mais sólida, dilata a substância, por separar suas partes constituintes e então por tornar alguns sólidos fluidos e mantendo a fluidez de outros; fluido do qual quando nossos corpos são privados, dizemos que [os corpos] estão congelados. Quando têm uma quantidade adequada, [dizemos que] estão saudáveis e aptos a realizarem todas suas funções; ele [o fluido] é então chamado de calor natural. Quando demasiado, é chamado de febre; e quando forçado a entrar no corpo em grande quantidade, faz doer, ao separar e destruir a carne, e [é] então chamado de queimadura; e o fluido que então entra e age [sobre o corpo] é chamado de fogo.

Enquanto corpos organizados, animais ou vegetais, estão se desenvolvendo ou suprindo seu contínuo desgaste, não é isso feito pela atração e consolidação desse fluido, chamado fogo, de tal maneira a torná-lo uma parte de suas substâncias; e não é uma separação das partes de tais substâncias, as quais dissolvendo seus estados sólidos, [que] coloca aquele fluido sutil em liberdade, quando novamente aparece como fogo?

Pois, o poder do homem em relação à matéria parece limitado à separação ou à mistura de seus vários tipos, ou à mudança em sua forma e aparência por suas diferentes composições; mas [o poder do homem] não se estende a fazer ou

[234] O texto original pode ser consultado em Franklin (1793, p. 5-7).

[235] Segundo Cohen (1956, p. 340, n. *), o texto foi originalmente escrito em 1784.

criar nova matéria, ou aniquilar a antiga. Assim, se o fogo é um elemento ou tipo original de matéria, sua quantidade é fixa e permanente no universo. Não podemos destruir qualquer parte dele ou fazer adições a ele. Podemos apenas separá-lo daquilo que o confina, e então colocá-lo em liberdade, como quando colocamos madeira para ser queimada; ou [podemos apenas] transferi-lo de um sólido a outro, como quando fazemos cal ao queimarmos rochas, uma parte do fogo expelido do combustível sendo deixado na rocha. Não pode esse fluido, quando em liberdade, ser capaz de penetrar e entrar em todos os corpos, organizados ou não, saindo facilmente em totalidade daqueles não organizados, e [p. 7] saindo facilmente em parte daqueles que são [organizados]; permanecendo a parte assumida e fixa até o corpo ser dissolvido?

Não é este fluido que mantém as partículas de ar separadas, permitindo que se aproximem ou as separando mais, em proporção ao aumento ou diminuição de sua quantidade?

Não é a maior gravidade das partículas de ar que força as partículas desse fluido a subirem com as matérias com as quais estão atreladas na forma de fumaça ou vapor?

Não parece ele ter uma grande afinidade com a água, uma vez que deixa um sólido para se unir com esse fluido e sair com ele em vapor; deixando o sólido frio ao toque e o grau [de temperatura] mensurável pelo termômetro?

O vapor sobe atrelado a esse fluido, mas a uma certa altura eles se separam, e o vapor descende em chuva, retendo somente um pouco dele, em neve ou granizo. O que acontece com esse fluido? Ele ascende acima de nossa atmosfera e se mistura com a massa universal de mesmo tipo?

Ou uma casca esférica ou estrato dele, mais denso, assim como menos misturado com o ar, atraído por este globo [a Terra] e repelido ou empurrado para cima somente até uma determinada altura de sua superfície pelo grande peso do ar, permanece lá rodeando o globo e prosseguindo com ele ao redor do sol?

Nesse caso, como deve haver uma continuidade ou comunicação desse fluido através do ar logo abaixo até a terra,

não é pelas vibrações dadas a ele pelo sol que a luz aparece para nós; e não pode ser que cada uma das vibrações infinitamente pequenas, atingindo a matéria comum com uma certa força, entra em sua substância, [e] é mantida lá pela atração e aumentada por vibrações subsequentes até que a matéria tenha recebido tanto quanto sua força é capaz de inserir?

Não é assim que a superfície desse globo é continuamente aquecida por tais vibrações repetidas durante o dia e esfriada pela fuga do calor quando essas vibrações são interrompidas à noite ou interceptadas e refletidas por nuvens?

[p. 8] Não é assim que o fogo é acumulado e compõe a maior parte da substância dos corpos combustíveis?

Talvez quando esse globo foi primeiro formado e suas partículas originais se colocaram a certas distâncias do centro em proporção a sua maior ou menor gravidade, o fluido fogo atraído em direção ao centro pode ter sido em grande parte obrigado, por ser o mais leve, a se colocar acima do resto e, então, formar a esfera de fogo suposta anteriormente, a qual seria depois continuamente diminuída pela substância que forneceu aos corpos organizados, e a quantidade restaurada a ela novamente pela queima ou outra separação de partes desses corpos?

Não é o calor natural dos animais assim produzido pela separação das partes da comida na digestão, colocando seus fogos em liberdade?

Não é essa esfera de fogo que acende os globos errantes que algumas vezes passam através dela em nosso curso ao redor do sol, tendo suas superfícies incendiadas por ela, e queimadas quando seus ares interiores são muito rarefeitos pelo calor sobre suas superfícies em chamas?

Não pode ter sido por conta dessas considerações que os filósofos antigos acreditavam na existência de uma esfera fogo acima do ar de nossa atmosfera?

Considerações Finais

A filosofia natural de Franklin influenciou gerações de filósofos naturais do século XVIII. Mesmo ocupando parte pequena de toda sua trajetória, os escritos de Franklin trouxeram novos parâmetros para o estudo dos fenômenos naturais. Conforme delineado nos capítulos deste livro e nas traduções apresentadas, esses parâmetros não compreenderam apenas o desenvolvimento de novos experimentos elétricos, mas apresentaram um novo conjunto de conhecimentos teóricos e experimentais sobre os mais variados temas, especialmente a eletricidade e, em menor medida, a luz.

Partindo das discussões e materiais apresentados aqui, é possível vislumbrar uma imagem mais próxima e real de Franklin e de seu trabalho. Ele não foi aquele que empinou uma pipa ou propôs a criação dos para-raios. Esses foram elementos de uma filosofia natural mais abrangente. Devemos falar de Franklin como aquele que estudou e descreveu o poder das pontas, caracterizou a eletrização positiva e negativa, estabeleceu o mecanismo de eletrização das garrafas de Leiden, comentou sobre a formação de temporais com raios e trovões, concluiu que os raios e as faíscas produzidas em laboratório tinham a mesma natureza, fez alusão a uma concepção vibracional da luz em um contexto em que a concepção corpuscular era defendida pela maioria dos filósofos naturais, especulou sobre a natureza, composição e comportamento da matéria, entre vários outros pontos. Portanto, sua filosofia na-

tural foi muito mais ampla que as representações usuais de seu trabalho costumam mostrar.

A divulgação dos estudos de Franklin na Europa demonstra o poder das relações pessoais e profissionais no empreendimento científico. Caso não conhecesse Collinson, por exemplo, dificilmente Franklin teria seus trabalhos vistos pelos europeus, o que certamente limitaria a prioridade de suas proposições e descobertas. Além disso, a semelhança de algumas de suas ideias com outras propostas por filósofos naturais já conhecidos, como Watson, sugere que outros seguramente ocupariam seu lugar. Dado que a eletricidade era um tema em ascensão naquele período, podemos supor que suas ideias ficassem perdidas em meio a tantos escritos de outros autores que investigavam os fenômenos elétricos.

As ideias de Franklin em eletricidade e luz também indicam a importância do contexto no desenvolvimento da ciência. Com uma filosofia natural fortemente influenciada pelos pressupostos newtonianos de investigação, era de se esperar que Franklin buscasse construir seus argumentos com base na experimentação. Evidências dessa influência estão em todos os seus textos sobre eletricidade, recheados de discussões experimentais e ideias obtidas por meio delas. Sob outra perspectiva, os conceitos debatidos e utilizados no período também estão presentes nos trabalhos de Franklin. O conceito de fluido imponderável para explicar fenômenos elétricos era comum na época e ele não se diferenciou dos demais nesse aspecto. Entender e estabelecer propriedades desse fluido era um dos principais objetivos dos eletricistas, sendo a contribuição de Franklin relevante para compreender o comportamento da eletricidade nos mais variados fenômenos conhecidos.

Por fim, vale mencionar o papel de Franklin em romper a tradição dos europeus na filosofia natural. Nascido na América colonizada pelos britânicos, Franklin e seus companheiros inauguraram um outro padrão para o desenvolvimento científico fora dos centros da Europa, seguido e expandido nas

décadas seguintes.[236] O conhecimento começava a se expandir para o novo mundo, algo ainda sem precedentes. Por meio da pluralidade de seu pensamento e de sua desenvoltura, Franklin ultrapassou as fronteiras do pensamento hegemônico, construindo, do outro lado do oceano, ideias que mudariam a filosofia natural do século XVIII.

[236] Greene, 1984, p. 37.

Pessoas citadas no livro
(em ordem alfabética do sobrenome)

Adams, Thomas (1735-1826)
Æpinus, Franz Ulrich Theodor (1724-1802)
Algarotti, Francesco (1712-1762)
Beccaria, Giambatista (1716-1781)
Boerhaave, Hermann (1668-1738)
Bose, Georg Mathias (1710-1761)
Buffon, (Georges-Louis Leclerc) Conde de (1707-1788)
Burnet, Thomas (1635?-1715)
Canton, John (1718-1772)
Cohen, I. Bernard (1914-2003)
Colden, Cadwallader (1688-1776)
Collinson, Michael (c. 1728-1795)
Collinson, Peter (1694-1768)
Cuneaus, Andreas (1712-1788)
D'Alibard, Thomas François (1703-1779)
Desaguliers, John Theophilus (1683-1744)
Descartes, Réne (1596-1650)
Doren, Carl von (1885-1950)
DuFay, Charles François de Cisternay (1698-1739)
Euler, Leonhard (1707-1783)

FOLGER, Abiah (1667-1752)
FRANKLIN, Benjamin (1706-1790)
FRANKLIN, James (1697-1735)
FRANKLIN, Josiah (1657-1745)
GAUGER, Nicolas (1680-1730)
GILBERT, William (1544-1603)
GRAVESANDE, Willem Jacob van 's (1688-1742)
GRAY, Stephen (1666-1736)
GUERICKE, Otto von (1602-1686)
GUNTER, Edmund (1581-1626)
GRALATH, Daniel (1708-1767)
HALES, Stephen (1677-1761)
HALLER, Albrecht von (1708-1777)
HARRIS, John (1666-1719)
HAUKSBEE, Francis (c. 1666-1713)
HOOKE, Robert (1635-1703)
HOPKINSON, Thomas (1709-1751)
HORSLEY, Samuel (1733-1806)
HUYGENS, Christiaan (1629-1695)
JEFFERSON, Thomas (1743-1826)
KEITH, William (1669-1749)
KEPLER, Johannes (1571-1630)
KINNERSLEY, Ebenezer (1711-1778)
KLEIST, Ewald Jürgen von (1700-1748)
KRÜGER, Johann Gottlob (1715-1759)
LE CAT, Claude-Nicolas (1700-1768)
LE ROY, Jean Baptiste (1720-1800)
LINING, John (1708-1760)
MAZÉAS, Guillaume (1712-1776)
MCADIE, Alexander (1863-1943)

MILES, Henry (1698-1763)
MITCHEL, John (1711-1768)
MUSSCHENBROEK, Peter van (1692-1761)
NEWTON, Isaac (1642-1727)
NOLLET, Jean-Antoine (1700-1770)
PEMBERTON, Henry (1694-1771)
PLATÃO, (c. 427-348 A.C.)
PRIESTLEY, Joseph (1733-1804)
PRINCE, Thomas (1687-1758)
RÉAUMUR, Réne Antoine Ferchault de (1683-1757)
RICHMANN, Georg Wilhelm (1711-1753)
ROMAS, Jacques de (1713-1776)
SLOANE, Hans (1660-1753)
SPENCER, Archibald (169?-1760)
SYNG, Philip (1703-1789)
TREMBLEY, Abraham (1710-1784)
VOLTAIRE (1694-1778)
WATSON, Willian (1715-1787)
WHISTON, William (1667-1752)
WINKLER, Johann Heinrich (1703-1770)
WOLLASTON, William (1659-1724)

Referências

ASSIS, A. K. T. *Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade.* Montreal: Apeiron, 2010.

______. *Os fundamentos experimentais e históricos da electricidade.* V. 2. Montreal: Apeiron, 2018.

BOSS, S. L. B.; ASSIS, A. K. T.; CALUZI, J. J. *Stephen Gray e a descoberta dos condutores e isolantes:* tradução comentada de seus artigos sobre eletricidade e reprodução de seus principais experimentos. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2012.

BURNS, W. E. *The scientific revolution*: an encyclopedia. Santa Barbara: ABC-CLIO, 2001.

CANTOR, G. N. *Optics after Newton:* theories of light in Britain and Ireland, 1704-1840. Manchester: Manchester University Press, 1983.

______. Quakers in the Royal Society, 1660-1750. *Notes and Records of the Royal Society of London*, v. 51, n. 2, p. 175-193, 1997.

CARPENTER, A. T. *John Theophilus Desaguliers*: a natural philosopher, engineer and freemason in Newtonian England. London: Continuum, 2011.

COHEN, I. B. (ed.). *Benjamin Franklin's Experiments:* a new edition of Franklin's *Experiments and Observations on Electricity*. Cambridge-MA: Harvard University Press, 1941.

______. *Franklin and Newton*: an inquiry into speculative Newtonian experimental science and Franklin's work in electricity. Philadelphia: The American Philosophical Society, 1956.

______. *Benjamin Franklin's Science*. Cambridge-MA: Harvard University Press, 1990.

______. Benjamin Franklin. In: BENJAMIN, C. (ed.) *Dicionário de biografias científicas*. v. 1. Rio de Janeiro: Contraponto, 2007. p. 844-855.

______. *Franklin and Newton:* an inquiry into speculative Newtonian experimental science and Franklin's work in electricity. Philadelphia: American Philosophical Society, 1956.

COLDEN, C. *The principles of action in matter, the gravitation of bodies, and the motion of planets, explained from those principles*. London: R. Dodsley, 1751.

DAUBEN, J. W.; GLEASON, M. L.; SMITH, G. E. Seven decades of history of science: I. Bernard Cohen (1914-2003), second editor of Isis. *Isis*, v. 100, n. 1, p. 4-35, 2009.

DOPPELMAYR, J. G. *Neu-entdeckte Phænomena von Bewunderns-würdigen Würckungen der Natur*. Nurenburg: (s. n.), 1774.

DOREN, C. V. *Benjamin Franklin*. New York: The Viking Press, 1961.

EDGERTON Jr., S. Y. Supplement: The Franklin Stove. In: COHEN, I. B. *Benjamin Franklin's Science*. Cambridge-MA: Harvard University Press, 1990. p. 204-206.

EKLUND, J. *The incompleat chymist:* being an essay on the eighteenth century chemist in his laboratory, with a dictionary of obsolete chemical terms of the period. Washington: Smithsonian Institution Press, 1975.

FIGUIER, L. *Les grandes inventions anciennes et modernes dans les sciences, l'industrie et les arts*. 5ème ed. Paris: L. Hachette, 1870.

FRANKLIN, B. A letter of Benjamin Franklin, Esq; to Mr. Peter Collinson, F.R.S. concerning an electrical kite. *Philosophical Transactions*, v. 47, p. 565-567, 1751-1752.

______. *Experiments and observations on electricity, made at Philadelphia in America*. London: David Henry, 1769.

______. A new and curious theory of light and heat. *Transactions of the American Philosophical Society*, v. 3, p. 5-7, 1793.

______. *Poor Richard's Almanack*: selections from the apothegms and proverbs, with a brief sketch of the life of Benjamin Franklin. Waterloo: The USC Publishing Co., 1914.

______. *The autobiography of Benjamin Franklin*. Mineola/New York: Dover Publications, 1996.

GREENE, J. C. *American science in the age of Jefferson.* Ames: Iowa State University Press, 1984.

GUERLAC, H. *Newton on the continent.* Ithaca: Cornell University Press, 1981.

HALL, A. R. *All was light: an introduction to Newton's "Opticks"*. Oxford: Claredon Press, 1993.

HANS, N. *New trends in education in the 18th century.* London: Routledge, 1998.

HARRIS, J. *Lexicon Technicum; or, an universal English dictionary of arts and sciences, explaining not only the terms of art, but the arts themselves.* v. 2, 2nd ed. London: (s.n.), 1723.

HEATHCOTE, N. H. V. Franklin's introduction to electricity. *Isis*, v. 46, n. 1, p. 29-55, 1955.

HEILBRON, J. L. Franklin, Haller, and Franklinist history. *Isis*, v. 68, n. 4, p. 539-549, 1977.

______. *Electricity in the 17th and 18th centuries:* a study of early modern physics. Berkeley / Los Angeles / London: University of California Press, 1979.

HINDLE, B. Colden's extension of the Newtonian principles. *The William and Mary Quarterly*, v. 13, n. 4, p. 459-475, 1956.

JARDIM, W. T.; GUERRA, A. República das letras, academias e sociedades científicas no século XVIII: a garrafa de Leiden e a ciência no ensino. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 34, n. 3, p. 774-797, 2017.

MAAS, A. The man who erased himself: Willem Jacob 's Gravesande and the Enlightenment. In: JORINK, E.; MASS, A. (eds.) *Newton and the Netherlands*: how Isaac Newton was fashioned in the Dutch Republic. Amsterdam: Leiden University Press, 2012. p. 113-137.

MARTINS, R. A. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. *Caderno Catarinense de Ensino de Física,* v. 17, n. 2, p. 115-121, 2000.

______. A maçã de Newton: história, lendas e tolices. In: SILVA, C. C. (ed.) *Estudos de história e filosofia das ciências*: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p. 167-189.

MARTINS, R. A.; SILVA, C. C. As pesquisas de Newton sobre luz: uma visão histórica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 37, n. 2, 4202, 2015.

MAZÉAS, G. Letters of Abbé Mazeas, F.R.S. to the Rev. Stephen Hales, D. D, F.R.S. concerning the success of the late experiments in France. Translated from the French by James Parsons. *Philosophical Transactions*, v. 47, p. 534-552, 1751-1752.

MCADIE, A. The date of Franklin's kite experiment. *Proceedings of the American Antiquarian Society*, v. 34, p. 188-205, 1925.

MOURA, B. A. Teorias vibracionais da luz na Grã-Bretanha do século XVIII. *Scientiae Studia*, v. 14, n. 2, p. 333-356, 2016.

______. Newtonian optics and the historiography of light in the 18th century: a critical analysis of Joseph Priestley's The History of Optics. *Transversal: International Journal for the Historiography of Science*, n. 5, p. 157-170, 2018.

MOURA, B. A.; SILVA, C. C. A teoria dos estados da luz: considerações sobre alguns papéis das hipóteses na óptica newtoniana. In: MARTINS, R. A.; SILVA, C. C.; FERREIRA, J. M. H.; MARTINS, L. A-C. P. (eds.) *Filosofia e história da ciência*

no cone sul: seleção dos trabalhos do 5º Encontro. Campinas: Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul, 2008. p. 91-99.

______. Forças entre luz e matéria: modelos mecânicos da óptica corpuscular no início do século XVIII. In: MARTINS, R. A.; LEWOWICZ, L.; FERREIRA, J. M. H.; SILVA, C. C.; MARTINS, L. A-C. P. (eds.) *Filosofia e história da ciência no cone sul – seleção de trabalhos do 6º encontro.* Campinas: Associação de Filosofia e História da Ciência do Cone Sul, 2010. p. 136-142.

______. Voltaire e Algarotti: divulgadores da óptica de Newton na Europa do século XVIII. *Scientiae Studia,* v. 13, n. 2, p. 397-423, 2015.

MOURA, B. A.; BONFIM, T. Benjamin Franklin e a formação dos temporais com raios e trovões: tradução comentada de uma carta a John Mitchel. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 34, n. 2, p. 460-478, 2017.

MULFORD, C. Introduction. In: MULFORD, C. (ed.). *The Cambridge Companion to Benjamin Franklin*. Cambridge: Cambridge University Press, 2008. p. 1-10.

NEWTON, I. *Óptica*. Trad. de André K. T. Assis. São Paulo: EDUSP, 1996.

______. *Principia:* Princípios matemáticos da filosofia natural – Livro I. São Paulo: Edusp, 2008a.

________. *Principia:* Princípios matemáticos da filosofia natural. São Paulo: Edusp, 2008b.

PHILBRICK, F .S. Notes on early editions and editors of Franklin. *Proceedings of the American Philosophical Society,* v. 97, n. 5, p. 525-564, 1953.

PRIESTLEY, J. *The history and present state of electricity, with original experiments*. London: J. Dodsley, J. Johnson, B. Davenport, T. Cadell, 1767.

PRIESTLEY, J.; PRIESTLEY Jr., J. *Memoirs of Dr. Joseph Priestley to the year 1795.* v. 1. Northumberland: John Dinns, 1806.

PYENSON, L. Ética e ideologia na ciência de Nollet e Franklin. *História, Ciências, Saúde Manguinhos*, v. 1, p. 7-33, 1998.

SCHOFIELD, R. *Mechanism and materialism:* British natural philosophy in an age of reason. Princeton: Princeton University Press, 1970.

______. *The enlightenment of Joseph Priestley*: a study of his life and work from 1733 to 1773. Philadelphia: The Pennsylvania State University Press, 1997.

SHAPIRO, A. E. *Fits, passions, and paroxysms.* Cambridge: Cambridge University Press, 1993.

SILVA, C. C. Jean Antoine Nollet's contributions to the institutionalization of physics during the 18th century. In: KRAUSE, D.; VIDEIRA, A. (eds.) *Brazilian studies in philosophy and history of science:* an account of recent works. Dordrecht: Springer, 2011. p. 131-140.

SILVA, C. C.; PIMENTEL, A. C. Uma análise da história da eletricidade presente em livros didáticos: o caso de Benjamin Franklin. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física,* v. 25, n. 1, p. 141-159, 2008.

SILVA, C. C.; HEERING, P. Re-examining the early history of the Leiden jar: stabilization and variation in transforming a phenomenon into a fact. *History of Science*, v. 56, n. 3, p. 314-342, 2018.

SLOAN, P. R. Natural history. In: HAAKONSSEN, K. (ed.) *The Cambridge History of Eighteenth-Century Philosophy.* Cambridge: Cambridge University Press, 2006.

SOARES, L. C. John Teophilus Desaguliers: a Newtonian between patronage and market relations. *Circumscribere – International Journal for the History of Science*, v. 18, p. 12-31, 2016.

SOUSA, J. S. I. (coord.); PEIXOTO, A. M.; TOLEDO, F. F.; REICHARDT, K. *Enciclopédia Agrícola Brasileira*. v. 2. C-D. São Paulo: Edusp, 1998.

STEPHENS, H. R. Colden, Cadwallader. In: STEPHEN, L. (ed.) *Dictionary of National Biography*. v. 11. London: Smith, Elder & Co., 1887. p. 260-261.

TURNER, G. L'E. Eighteenth-century instruments and their makers. In: PORTER, R. (ed.) *The Cambridge History of Science – Volume 4 – Eighteenth century science.* Cambridge: Cambridge University Press, 2003. p. 511-535.

WATSON, W. An account of Mr. Benjamin Franklin's treatise, lately published, intituled, Experiments and Observations on Electricity, Made at Philadelphia in America. *Philosophical Transactions*, v. 47, p. 202-211, 1751-1752.

WHITTAKER, E. *A history of the theories of aether and electricity:* the classical theories. London, New York: Thomas Nelson and Sons Ltd, 1951.

Benjamin Franklin (1706-1790) é um dos mais conhecidos personagens da história da ciência. Embora seja famoso por conta do experimento da pipa em meio a uma tempestade – *uma anedota bastante controversa, aliás* –, Franklin foi um pensador muito mais abrangente. Suas ideias acerca dos fenômenos elétricos buscaram responder às principais lacunas da eletricidade no século XVIII, cobrindo desde a eletrização dos corpos até a formação de grandes temporais com raios e trovões. Franklin abordou também outras questões em seus textos sobre o mundo natural, incluindo a natureza e comportamento da luz. Neste livro, são apresentadas traduções de seis cartas escritas por ele entre 1747 e 1752 – *período em que foi mais ativo na filosofia natural* – e de um pequeno ensaio sobre a luz, publicado no final da vida, em 1788. A partir disso, o leitor terá acesso direto ao pensamento de Franklin, aos termos que utilizou e às suas explicações para os mais diversos fenômenos da eletricidade e da luz. Esta é a primeira vez que textos de Franklin são traduzidos integralmente para o português brasileiro. Espera-se que a leitura seja produtiva e que a filosofia natural de Franklin possa ser conhecida em toda sua dimensão e importância.

ISBN 9788568576908
9 788568 576908